ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ ಧಾತುಗಳು

ಎಸ್. ವೆಂಕಟೇಶಮೂರ್ತಿ

ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಬೆಂಗಳೂರು

34

ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ ಧಾತುಗಳು

ಎಸ್. ವೆಂಕಟೇಶಮೂರ್ತಿ

ಪ್ರಕಟಣ ಮತ್ತು ಪ್ರಚಾರೋಪನ್ಯಾಸ ವಿಭಾಗ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಬೆಂಗಳೂರು

MANAVA NIRMITA DHATUGALU
by Sri S. Venkatesha Murthy,
Published by the Bangalore University, Bangalore

ಪ್ರಕಾಶಕರು :
ಕೆ. ಸಿ. ಶಿವಪ್ಪ
ಉಪ-ನಿರ್ದೇಶಕ
ಪ್ರಕಟಣ ಮತ್ತು ಪ್ರಚಾರೋಪನ್ಯಾಸ ವಿಭಾಗ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, 'ಜ್ಞಾನಭಾರತಿ', ಬೆಂಗಳೂರು-560056

ಬೆಲೆ : 25 ಪೈಸೆ

ಮುದ್ರಣ :
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಮುದ್ರಣಾಲಯ

ಮುನ್ನುಡಿ

ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳು ಕೇವಲ ತಿಳುವಳಿಕೆಯ ಕೇಂದ್ರಗಳಾದರೆ ಸಾಲದು. ಅವು ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಜನತೆಯ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ-ಸಾಂಸ್ಕೃತಿಕ ಆಗುಹೋಗುಗಳಲ್ಲಿ ಸಹ ಸಕ್ರಿಯವಾಗಿ ಪಾಲ್ಗೊಳ್ಳುವುದು ಆವಶ್ಯಕ. ಪಾಠಪ್ರವಚನ, ಉನ್ನತ ವ್ಯಾಸಂಗ ಮತ್ತು ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳ ಕಾರ್ಯವ್ಯಾಪ್ತಿ ಸೀಮಿತವಾಗಿರಬಾರದು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಜನತೆಯಲ್ಲಿ ಅರಿವಿನ ಸಿರಿಯನ್ನು ಹಂಚುವ ಹೊಣೆ ಹೊತ್ತು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳು ಜ್ಞಾನಪ್ರಸಾರ ಕೇಂದ್ರಗಳಾಗಿ ಮುನ್ನಡೆಯಬೇಕು.

ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ಕಳೆದ ನಾಲ್ಕೈದು ವರ್ಷಗಳಿಂದ ನಗರದ ನಾನಾ ಸಂಘಸಂಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ, ಕಾರ್ಖಾನೆ ಕಾರ್ಮಿಕ ಕೂಟಗಳಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಗ್ರಾಮಾಂತರ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಚಾರೋಪನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸುತ್ತ ಬಂದಿದೆ. ಅತ್ಯಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಜನತೆಯ ಕೈಸೇರಲೆಂದು ಈ ಕಿರುಹೊತ್ತಿಗೆಗಳನ್ನು ಸುಲಭ ಬೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಕನ್ನಡ ಸಾಹಿತ್ಯದ ವಿವಿಧ ಪ್ರಕಾರಗಳ ಶ್ರೀಮಂತಿಕೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ, ಜನಸಾಮಾನ್ಯರ ತಿಳಿವನ್ನು ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸುವ ದಿಸೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಹೊತ್ತಿಗೆಗಳು ಸಹಕಾರಿಯಾಗಲೆಂದು ನಾನು ಮನಸಾರೆ ಹಾರೈಸುತ್ತೇನೆ. ಈ ಕೃತಿಯ ಪ್ರಕಟಣೆಯಲ್ಲಿ ನೆರವಾದ ಲೇಖಕರಿಗೆ ನಮ್ಮ ಹಾರ್ದಿಕ ವಂದನೆಗಳು.

ಎಚ್. ನರಸಿಂಹಯ್ಯ
ಉಪಕುಲಪತಿ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ

ನಾಲ್ಕು ಮಾತು

ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖವಾದುವೆಂದರೆ ಯುರೇನಿಯಂ ಆಚೆಯ ಧಾತುಗಳು. ಯುರೇನಿಯಂಗಿಂತ ಭಾರ ವಾದ ಈ ಧಾತುಗಳ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಯಿಂದಾಗಿ ನಮ್ಮ ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ತಿಳಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಬೈಜಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ರಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರಗಳ ಪುರೋಭಿವೃದ್ಧಿಗೆ ಬಹಳ ಸಹಾಯಕ ವಾಗಿವೆ. ಮೆಂಡೆಲೀಫನ ಆವರ್ತ ಕೋಷ್ಟಕದ ಭಾರತಮ ಧಾತುಗಳೆನಿಸಿರುವ ಯುರೇನಿಯಂ ನಂತರದ ಧಾತುಗಳು ಪರ ಮಾಣುವಿನ ಬೀಜ ಮತ್ತು ಬೈಜಿಕ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳ ಮೇಲೆ ಹೊಸ ಬೆಳಕನ್ನು ಚೆಲ್ಲಿವೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಶಾಂತಿ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಳಸುವ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಲು ಈ ಹೊಸ ಧಾತುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯು ನೆರವಾಗಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಇವು ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರ ಹೊಮ್ಮುವ ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಗಳಿಗೆ ಉತ್ತಮ ಇಂಧನಗಳಾಗಿವೆ. ಇಂತಹ ಉಪ ಯುಕ್ತ ಧಾತುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ವಿವೇಚಿಸುವುದು ಈ ಕಿರು ಹೊತ್ತಿಗೆಯ ಉದ್ದೇಶ. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮನೋಭಾವವುಳ್ಳ ಸಾಮಾನ್ಯ ಮನುಷ್ಯರನ್ನು ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಸಾಕಷ್ಟು ಪೀಠಿಕೆಯೊಂದಿಗೆ ಆದಷ್ಟು ಸುಲಭ ಶೈಲಿಯಲ್ಲಿ ವಸ್ತು ವಿಷಯ ವನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದೇನೆ. ಜನಸಾಮಾನ್ಯರ ಕುತೂಹಲವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪವಾದರೂ ತಣಿಸಿದರೆ ನನ್ನ ಪ್ರಯತ್ನ

ಸಾರ್ಥಕವಾದೀತು. ಪದವಿ ತರಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಓದುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೂ ಈ ಪುಸ್ತಕವು ಉಪಯೋಗವಾಗುವುದೆಂದು ನಂಬಿದ್ದೇನೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕ ಬೆಳಕಿಗೆ ಬರಲು ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣರಾದವರು ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಕಟಣೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಚಾರೋಪನ್ಯಾಸ ವಿಭಾಗದ ಉಪ ನಿರ್ದೇಶಕರಾದ ಶ್ರೀ ಕೆ. ಸಿ. ಶಿವಪ್ಪನವರು. ಅವರಿಗೆ ನನ್ನ ಹೃತ್ಪೂರ್ವಕ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು.

ಎಸ್. ವೆಂಕಟೇಶಮೂರ್ತಿ

1. ಧಾತು ಅಥವಾ ಮೂಲವಸ್ತು

ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಕಾಣುವ ಲಕ್ಷಾಂತರ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಬಹುತೇಕ ಸರಳವಲ್ಲ. ಅವುಗಳನ್ನು ಶಾಖ, ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ, ರಾಸಾಯನಿಕ ವಸ್ತುಗಳು—ಇವೇ ಮೊದಲಾದುವುಗಳಿಂದ ವಿಭಜಿಸಿ, ಅವುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸರಳವಾದ ಎರಡು ಅಥವಾ ಮೂರು ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯ ಬಹುದು. ಹೀಗೆಯೇ ಮುಂದುವರೆದು ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ವಿಭಜಿಸಿದರೆ ಅವುಗಳಿಂದ ಸುಮಾರು ನೂರು ವಸ್ತುಗಳು ಉಂಟಾಗುವುವು. ಈ ನೂರು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಎಷ್ಟೇ ಪ್ರಯತ್ನಪಟ್ಟರೂ ವಿಭಜಿಸಿ ಸರಳವಾದ ಎರಡು ವಸ್ತು ಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ನೂರು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕ ತಜ್ಞರು "ಧಾತುಗಳು" ಅಥವಾ "ಮೂಲವಸ್ತುಗಳು" ಎಂದು ಕರೆದಿದ್ದಾರೆ.

ಈ ಪ್ರಪಂಚದ ಸಮಸ್ತ ವಸ್ತುಗಳೂ ಈ ಧಾತುಗಳಿಂದಲೇ ರಚಿತವಾಗಿವೆ. ಪ್ರಕೃತಿಯ ಇಟ್ಟಿಗೆಗಳೇ ಈ ಧಾತುಗಳು. ಪ್ರತಿಯೊಂದೂ ತನ್ನದೇ ಆದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಯಾವೆರಡು ಇಟ್ಟಿಗೆಗಳೂ ಒಂದೇ ತರಹವಿಲ್ಲ.

ಈ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಅಂದರೆ, ಆಮ್ಲಜನಕ, ಸಾರ ಜನಕ, ಜಲಜನಕ, ಕ್ಲೋರಿನ್ ಮೊದಲಾದುವು ಅನಿಲಗಳು. ಪಾದರಸವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಉಳಿದೆಲ್ಲ ಲೋಹಗಳೂ, ಗಂಧಕ,

ರಂಜಕ, ಐಯೋಡಿನ್, ಇಂಗಾಲ ಮೊದಲಾದ ಅಲೋಹಗಳೂ ಘನವಸ್ತುಗಳು. ಲೋಹಗಳ ಪೈಕಿ ಪಾದರಸ, ಅಲೋಹಗಳ ಪೈಕಿ ಬ್ರೋಮೀನ್ ಎಂಬುವು ದ್ರವಗಳು.

ಇಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಧಾತುಗಳು ಒಟ್ಟು 105. 105ನೇ ಧಾತುವು ತೀರ ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಅದನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಅದರ ಗುಣಾವಗುಣಗಳು ಸ್ವಲ್ಪವೂ ತಿಳಿದಿಲ್ಲ. ಈ 105 ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 90ರಷ್ಟು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಸಿಗುತ್ತವೆ. ಕಬ್ಬಿಣ, ಬೆಳ್ಳಿ, ಚಿನ್ನ, ಪಾದರಸ, ಗಂಧಕ ಮೊದಲಾದ ಧಾತುಗಳ ಪರಿಚಯು ಪುರಾತನಕಾಲದಿಂದಲೂ ಮಾನವನಿಗಿದೆ. 19ನೇ ಶತಮಾನದ ಆದಿಯಲ್ಲಿ ಕೇವಲ 25 ಧಾತುಗಳು ತಿಳಿದಿದ್ದವು. ನಂತರದ ನೂರು ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ 80 ಧಾತುಗಳು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

ನಿಸರ್ಗದ ಮಡಿಲಲ್ಲಿ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳಾಗಿಯೇ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲಿಯೋ ಕೆಲವು ಧಾತುಗಳು ಮಾತ್ರ ಶುದ್ಧ ರೂಪದಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವುವು. ಚಿನ್ನ, ಬೆಳ್ಳಿ, ತಾಮ್ರ, ಗಂಧಕ, ಆಮ್ಲಜನಕ, ಸಾರಜನಕ ಮುಂತಾದವು ಅಂಥವು. ಬಹುತೇಕ ಧಾತುಗಳು ಇತರ ಧಾತುಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಯುಕ್ತರೂಪದಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವುವು. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಪದರವನ್ನು ರಚಿಸಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಬಹುಪಾಲು ಸಂಯುಕ್ತಗಳೇ. ಸಂಯುಕ್ತವೆಂದರೇನು ? ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚಿನ ಧಾತುಗಳು ಒಂದರೊಡನೊಂದು ಮಿಶ್ರವಾಗಿರುವುದು ಎಂದರ್ಥವೇ ? ಹಾಗಲ್ಲ. ಎರಡು ಧಾತುಗಳು ಸಂಯೋಜಿಸಿದಾಗ ಅವು ತಮ್ಮ ವಿಶಿಷ್ಟ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವಗಳನ್ನು

ಕಳೆದುಕೊಂಡು ಬೇರೆಯೇ ಆದ ವಿಶೇಷ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡು ಹೊಸ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಪಡೆಯುವುವು.

ಈ ರೀತಿ ಧಾತುಗಳು ಸಂಯೋಜಿಸಿ ಹೊಸ ಸಂಯುಕ್ತವನ್ನು ಕೊಡುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದರೂ ಏನು ? ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಚಿಂತಿಸತೊಡಗಿದಾಗ ವಸ್ತುಗಳ ರಚನೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಒಂದು ವಾದ ಪ್ರಚಾರಕ್ಕೆ ಬಂದಿತು. ಆ ವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ವಸ್ತುವು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ 'ಅಣು'ಗಳೆಂಬ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಣಗಳಿಂದಾಗಿದೆ. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಸಕಲ ವಿಶಿಷ್ಟ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ಚಿಕ್ಕ ಕಣವೇ ಅಣು. ಅಣುಗಳನ್ನು ವಿಭಜಿಸಬಹುದು. ಈ ರೀತಿ ವಿಭಜಿಸಿದಾಗ 'ಪರಮಾಣು'ಗಳೆಂಬ ಇನ್ನೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಣಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಅಣುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಿರುವ ಕಣಗಳೇ ಪರಮಾಣುಗಳು. ಕೆಲವು ಧಾತುಗಳ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿದ್ದರೆ, ಬಹುತೇಕ ವಸ್ತುಗಳ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪರಮಾಣುಗಳಿರುವುವು. ಒಂದೇ ತರಹದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದಾದ ಅಣುವಾಗಿದ್ದರೆ ಅದು ಧಾತು ; ಅಣುಗಳಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತರಹವಿದ್ದರೆ ಅದು ಸಂಯುಕ್ತ.

ರಸಾಯನ ತಜ್ಞರು ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಆಯಾಯ ಧಾತುವಿನ ಹೆಸರಿನ ಮೊದಲನೆಯ ಅಕ್ಷರದಿಂದ ಸೂಚಿಸುವರು. ಅನೇಕ ಧಾತುಗಳ ಹೆಸರುಗಳ ಮೊದಲ ಅಕ್ಷರಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಅಂಥ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಥಮಾಕ್ಷರದ ಜೊತೆಗೆ ಎರಡನೆಯ ಅಥವಾ ಬೇರೊಂದು ಅಕ್ಷರವನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ಸೂಚಿಸುವರು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯದನ್ನು ದೊಡ್ಡ ಅಕ್ಷರಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಎರಡನೆಯದನ್ನು ಚಿಕ್ಕ

ಅಕ್ಷರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬರೆಯುವರು. ಮೊದಲನೆಯ ಸೂಚನೆಯ ಪ್ರಕಾರ 'O' ಎಂಬುದು ಆಮ್ಲಜನಕ (Oxygen), 'H' ಎಂಬುದು ಜಲಜನಕ (Hydrogen), 'N' ಎಂಬುದು ಸಾರ ಜನಕ (Nitrogen), 'C' ಎಂಬುದು ಇಂಗಾಲ (Carbon) ಗಳ ಸಂಕೇತಗಳು.

ಎರಡನೆಯ ಸೂಚನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ (Calcium) ಅನ್ನು Ca ಎಂದೂ, ಕೋಬಾಲ್ಟ್ (Cobalt) ಅನ್ನು Co ಎಂದೂ, ತಾಮ್ರ (Cupprum) ವನ್ನು Cu ಎಂದೂ ಸೂಚಿಸುವರು.

ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಸಂಕೇತ ಬರೆಯುವಾಗ ಆ ಧಾತುವಿನ ಲ್ಯಾಟಿನ್ ಹೆಸರುಗಳಿಂದ ಅಕ್ಷರಗಳನ್ನು ಆರಿಸುವರು. ಹೀಗೆ 'K' ಎಂಬುದು ಪೊಟಾಸಿಯಂ (Kalium) ನ ಸಂಕೇತ. Na ಎಂಬುದು ಸೋಡಿಯಂ (Nattrium), Au ಎಂಬುದು ಚಿನ್ನ (Aurum), ಮತ್ತು Ag ಯು ಬೆಳ್ಳಿ (Argentum) ಯ ಸಂಕೇತಗಳು.

2. ಪರಮಾಣುವಿನ ಸ್ವರೂಪ

ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದವರೆಗೂ ಪರಮಾಣುವು ಅಭೇದ್ಯವಾದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಣವೆಂದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಅಚಲವಾದ ನಂಬಿಕೆಯಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಿ ಬದಲಾವಣೆಗಳಾಗಿವೆ. ಪರಮಾಣುವು ಅಭೇದ್ಯವಲ್ಲವೆಂದೂ ಅದಕ್ಕೂ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ರಚನೆಯಿದೆಯೆಂದೂ ಗೋಚರವಾಯಿತು. ಅಲ್ಲದೆ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಏಕತೆಯಿರುವುದಾಗಿ ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು.

ಪರಮಾಣು ಒಂದು ಚಿಕ್ಕ ಸೌರವ್ಯೂಹದಂತೆ. ಈ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ 'ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್' ಎಂಬ ಕಣವಿದೆ. ಇದನ್ನು ಪರಮಾಣುವಿನ "ಬೀಜ"ವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿರುವ "ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು"ಗಳೆಂಬ ಕಣಗಳು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವುವು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತವೆ.

ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಜಾತಿಯ ಕಣಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಜಾತಿಯ ಕಣಗಳಿಗೆ "ನ್ಯೂಟ್ರಾನು"ಗಳೆಂದು ಹೆಸರು. ವಿದ್ಯುದಂಶರಹಿತವಾದ ಈ ಕಣಗಳ ತೂಕವು ಒಂದು ಮಾನ. ಇನ್ನೊಂದು ತರಹದ ಕಣಗಳಿಗೆ "ಪ್ರೋಟಾನು"ಗಳೆಂದು ಹೆಸರು. ಏಕಮಾನ ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶಪೂರಿತ ಪ್ರೋಟಾನಿನ

ತೂಕವೂ ಒಂದು. ಅಂದರೆ ಅದು ಒಂದು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕಕ್ಕೆ ಸಮ. ಅಲ್ಲದೆ ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ತೂಕ ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನಿನ ತೂಕಕ್ಕೆ ಸಮ. ಆದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನಿನ 1/1856 ರಷ್ಟು ಅತ್ಯಲ್ಪ ತೂಕವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ತೂಕವನ್ನು ಶೂನ್ಯವೆಂದೇ ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗುವುದು.

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವು ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ (Neutral) ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದರ ಬೀಜದಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೊತ್ತವು ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಆಗಿದ್ದು ಸುತ್ತಲಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುದಂಶಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ 'e' ಎಂಬುದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರೆ, ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು Z ಆಗಿದ್ದರೆ, ಇವುಗಳ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುದಂಶವು-Ze ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದಕಾರಣ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಒಟ್ಟು ಧನವಿದ್ಯುಂದಶವು +Ze ಆಗಿರಬೇಕು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ತೂಕವು ಗಣನೆಗೆ ಬಾರದಷ್ಟು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕದ ಬಹುಭಾಗ ಅದರ ಬೀಜದಲ್ಲಿಯೇ ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿರಬೇಕು.

ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜದ ಗಾತ್ರದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡಿ ಅದರ ತ್ರಿಜ್ಯವು (Nuclear radius) ಸುಮಾರು 10^{-12} ಸೆಂಟಿ ಮೀಟರುಗಳಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗಿದೆ. ಬೀಜಕ್ಕೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೂ ನಡುವೆ ಇರುವ ಅಂತರ ಸುಮಾರು 10^{-8}ಸೆಂ. ಮೀ. ಆಗಿದ್ದು ಇದನ್ನು ಪರಮಾಣು ತ್ರಿಜ್ಯ (Atomic radius) ಎಂದು ಕರೆಯುವರು.

ಪರಮಾಣ್ವಂಕ

ಒಂದು ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳ ಅಥವಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೇ ಆ ಧಾತುವಿನ "ಪರಮಾಣ್ವಂಕ" (Atomic number). ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಧಾತುವೂ ತನ್ನದೇ ಆದ ಪರಮಾಣ್ವಂಕವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ. ಪರಮಾಣ್ವಂಕದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ಗುಣಗಳಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾದ ವಿವರಣೆ ನೀಡುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣ್ವಂಕವನ್ನು 'Z' ಎಂಬ ಅಕ್ಷರದಿಂದ ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಜಲಜನಕವು ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರಾದ ಧಾತು. ಅದರ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನು ಮಾತ್ರ ಇದ್ದು, ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವುದು. ಆದುದರಿಂದ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣ್ವಂಕ ಒಂದು ($Z=1$). ಪರಮಾಣ್ವಂಕ 2 ಇರುವ ಮುಂದಿನ ಧಾತು ಹೀಲಿಯಂನಲ್ಲಿ ಅದರ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳಿದ್ದು, ಅದನ್ನು ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸುತ್ತುವರೆದಿವೆ. ಆದರೆ ಹೀಲಿಯಂನ ಪರಮಾಣು ತೂಕ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು ತೂಕಕ್ಕಿಂತ ನಾಲ್ಕರಷ್ಟಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಹೆಚ್ಚಿನ ತೂಕವು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳಷ್ಟೆ ತೂಕವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಿಂದಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಮತ್ತು ಎರಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಿವೆಯೆಂದಾಯಿತು.

ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಬೋಧಿಸುವಾಗ ಅವನ್ನು 'ಬೀಜಕಣ' ಅಥವಾ 'ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯೋನ್'

(Nucleon) ಎಂದು ಕರೆಯುವ ವಾಡಿಕೆಯುಂಟು. ಅಂದರೆ ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಮತ್ತು ಎರಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಿವೆ ಯೆನ್ನುವ ಬದಲು ನಾಲ್ಕು ಬೀಜಕಣಗಳಿವೆಯೆಂದು ಹೇಳ ಬಹುದು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಸುತ್ತು ಭ್ರಮಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಲಯ ಅಥವಾ ಕವಚಗಳಲ್ಲಿ (Orbits or shells) ಹಂಚಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಲಯವೂ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಹೊಂದಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಷಯವಾಗಿ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿವರಗಳನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ನೋಡಬಹುದು.

ಪರಮಾಣು ತೂಕ ಅಥವಾ ಭಾರಾಂಕ

ಯಾವುದೇ ಧಾತುವಿನ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವು ತೂಗುವ ತೂಕಕ್ಕೆ 'ಪರಮಾಣು ತೂಕ' (Atomic weight) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಒಂದು ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣು ತೂಕವು ಮತ್ತೊಂದರಕ್ಕಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕವು ಸರಿ ಸುಮಾರಾಗಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಒಟ್ಟು ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣು ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಣ ವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದರ ತೂಕವನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವುದು ಬಹಳ ಕಠಿಣ. ಆದುದರಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕವನ್ನು ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಅಂದರೆ, ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣು ತೂಕವು ಮತ್ತಾವುದೋ ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಿಗಿಂತ ಎಷ್ಟು ಭಾರವಾಗಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ. ಈ ಹೋಲಿಕೆಗೆ

ಜಲಜನಕವನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಅದರ ಪರಮಾಣು ತೂಕವು ಒಂದು ಎಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿದೆ. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು ತೂಕದೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿ ಇತರ ಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣು ತೂಕವು ಅದರ ಪರಮಾಣುವು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗಿಂತ ಎಷ್ಟು ಪಾಲು ಭಾರವಾಗಿದೆ ಯೆಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಸುವುದು.

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಜಲಜನಕದ ಬದಲು ಇಂಗಾಲ–12 ಪರಮಾಣು ತೂಕವನ್ನು ಆದರ್ಶವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ಇತರ ಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳನ್ನು ಇಂಗಾಲದ ಪರಮಾಣುವಿನ 1/12 ಭಾಗ ತೂಕದೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣು ತೂಕವನ್ನು ಭಾರಾಂಕ (Mass number) ವೆಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇದನ್ನು 'A' ಎಂಬ ಅಕ್ಷರದಿಂದ ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು

ಒಂದು ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣು ತೂಕ ನಿಯತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಹಿಂದಿನ ಭಾವನೆಯಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಆಧುನಿಕ ಭಾವನೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಪರಮಾಣ್ವಂಕ ನಿಯತ. ಒಂದೇ ಧಾತುವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತೂಕಗಳುಳ್ಳ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಜಲಜನಕದಲ್ಲಿ ಮೂರು ತರಹ ಪರಮಾಣು ಗಳಿವೆ. ಒಂದು ತರದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನು ಇದೆ. ಇದರ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು

ಇಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಜಲಜನಕವೆಂದೇ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇನ್ನೊಂದು ರೀತಿಯ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನಿನೊಂದಿಗೆ ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಸಹ ಇದೆ. ಇದೇ ಡ್ಯುಟೇರಿಯುಂ (Deutarium). ಮೂರನೇ ವಿಧದ ಪರಮಾಣುವು ತನ್ನ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ಎರಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ. ಇದನ್ನು ಟ್ರೈಟಿಯುಂ (Tritium) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಮೂರು ರೂಪಗಳ ತೂಕ ಕ್ರಮವಾಗಿ 1, 2 ಮತ್ತು 3. ಆದರೆ ಈ ಮೂರು ರೀತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಒಂದೇ ಧಾತುವಿನ (ಅಂದರೆ ಜಲಜನಕದ) ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ, ಇವೆಲ್ಲದರಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳಿವೆ. ಈ ಮೂರು ಜಲಜನಕ ರೂಪಗಳನ್ನು ಜಲಜನಕದ "ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು" (Isotopes) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಆದುದರಿಂದ ಪರಮಾಣ್ವಂಕ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು, ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವ ಒಂದೇ ಧಾತುವಿನ ಹಲವು ರೂಪಗಳನ್ನು ಆ ಧಾತುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದೇ ರೀತಿ ಆಮ್ಲಜನಕದಲ್ಲಿ ಮೂರು ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಿವೆ. ಇವೆಲ್ಲದರಲ್ಲಿಯೂ ಎಂಟು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳಿವೆಯಾದರೂ, ಅವುಗಳು 16, 17 ಮತ್ತು 18 ಮಾನಗಳ ವಿವಿಧ ತೂಕಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ.

ಪರಮಾಣು ತೂಕ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು ಪರಮಾಣ್ವಂಕ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವ ಧಾತು ರೂಪಗಳನ್ನು "ಐಸೊಬಾರ್" (Isobars) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

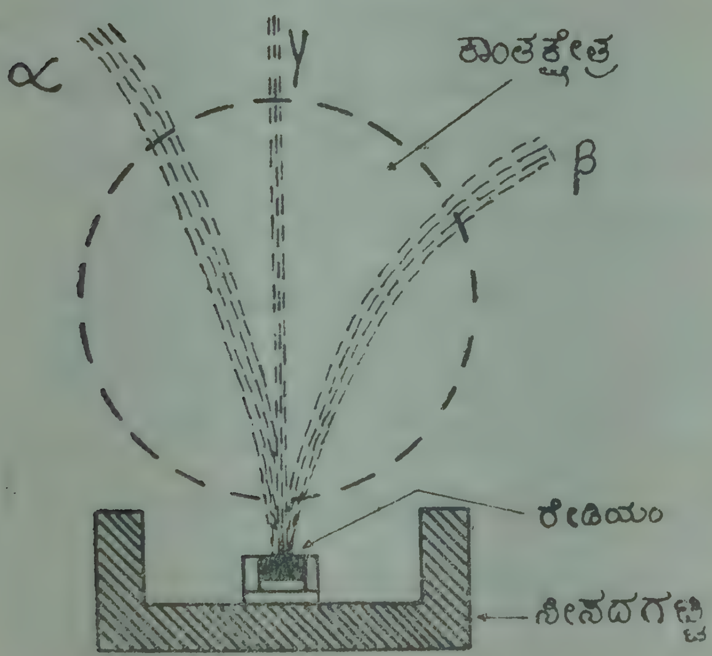
ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಅಪರೂಪ ಕಣಗಳಾದ ಪಾಸಿಟ್ರಾನ್, ಮೆಸಾನ್, ಹೈಪರಾನ್,

ನ್ಯೂಟ್ರಿನೋ – ಇವೇ ಮೊದಲಾದ ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳನ್ನು (Fundamental particles) ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಬೀಜ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ (High-energy nuclear Physics) ದಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಸಂಗ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಅವುಗಳ ವಿವರಣೆ ಇಲ್ಲಿ ಅಪ್ರಸ್ತುತ.

3. ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ

ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಒಂದು ಆಕಸ್ಮಿಕ ಘಟನೆಯೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಎಕ್ಸ್–ಕಿರಣಗಳಿಗೂ ಸ್ಫುರಣ ಶಕ್ತಿ (Fluorescence) ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಂಡು ಕೊಳ್ಳಲು ಹೆನ್ರಿ ಬೆಕ್ವೆರಲನು (Henry Bequerel) 1896 ರಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಮಾಲೆಯಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಬೆಳಗಿತು. ಕಪ್ಪುಕಾಗದದಿಂದ ಮುಚ್ಚಲಾಗಿದ್ದ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕ (Photographic plate) ದ ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಒಂದು ರೀತಿಯ ವಿಕಿರಣಗಳು(Radiations) ಯುರೇನಿಯಂ ಲವಣಗಳಿಂದ ವಿಸರ್ಜಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿದ್ದುದನ್ನು ಅವನು ಕಂಡನು. ಈ ವಿಕಿರಣಗಳು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ವಿಭಜಿಸಿ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು (ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು Ions) ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದವು. ಈ ರೀತಿಯ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆಯು ಸ್ವಯಂಪ್ರೇರಿತವಾದು ದೆಂದೂ, ಭೌತ ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಇದರ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನೂ ಬೀರುವುದಿಲ್ಲ ವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಈ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ಬೆಕ್ವೆರಲ್ ಕಿರಣಗಳೆಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಚಮತ್ಕಾರವನ್ನು "ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ" (Radioactivity) ಯೆಂದು ಕರೆ ಯುತ್ತಾರೆ.

ಬೆಕ್ವೆರಲ್‌ನ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ ಆಕರ್ಷಿತರಾದ ಮೇರಿ ಕ್ಯೂರಿ ಮತ್ತು ಪೀರೆ ಕ್ಯೂರಿ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಯುರೇನಿಯಂ ವಸ್ತುವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಹಲವಾರು ಅದುರುಗಳನ್ನು (Ores) ಪರೀಕ್ಷೆಗೊಳಪಡಿಸಿದರು. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಪಿಚ್ ಬ್ಲೆಂಡೆ (Pitch blende) ಎಂಬ ಯುರೇನಿಯಂನ ಅದುರಿನಿಂದ, ರೇಡಿಯಂ ಮತ್ತುಪೊಲೋನಿಯಂಗಳೆಂಬ ಎರಡು ಅತ್ಯಂತ ಪಟುವಾದ ವಸ್ತುಗಳು ದೊರಕಿದವು. ಇವುಗಳ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಯುರೇನಿಯಂಗಿಂತ ಲಕ್ಷಾಂತರ ಪಾಲು ಅಧಿಕ· ಷ್ಮಿಟ್ (Shcmidt) ಎಂಬಾತನು ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯಾದ ಮತ್ತೊಂದು ವಸ್ತು ಥೋರಿಯಂ ಅನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಯುರೇನಿಯಂ, ರೇಡಿಯಂ, ಥೋರಿಯಂ ಮೊದಲಾದ



ಚಿತ್ರ 1. ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ವಿಸರ್ಜನೆ

ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು "ವಿಕಿರಣ ಶೀಲ" (Radioactive) ವಸ್ತುಗಳೆಂದು ಕರೆಯುವರು.

ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಣಗಳಲ್ಲಿ ಮೂರು ಬಗೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಆಲ್ಫ (α), ಬೀಟ (β) ಮತ್ತು ಗಾಮಾ (γ) ಕಿರಣಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಮೂರು ರೀತಿಯ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ರುಥರ್‌ಫೋರ್ಡ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಮೂರು ವಿಭಿನ್ನ ರೀತಿಯ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 1 ರಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿರುವ ವಿಧಾನದಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ ಪಡೆಯಬಹುದು.

ರೇಡಿಯಂನಂತಹ ಒಂದು ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುವಿನ ಸಣ್ಣ ತುಂಡೊಂದನ್ನು ದಪ್ಪ ಸೀಸದಿಂದ ಮಾಡಿದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ತೆರೆದ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ತಳದಲ್ಲಿಟ್ಟು, ಅದರಿಂದ ಹೊರಡುವ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿದಾಗ, ಅದರ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ವಿಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಿ, ಮೂರು ಗುಂಪುಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುತ್ತವೆ. ಕೆಲವು ಕಿರಣಗಳು ಎಡಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಬಾಗಿದರೆ, ಅದರ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಕಿರಣಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಬಾಗುತ್ತವೆ. ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ತುಸುವೂ ಬಾಗದೆ ನೇರವಾಗಿ ಹೊರಡುತ್ತವೆ. ಮೊದಲನೆಯ ಗುಂಪಿನ ಕಿರಣಗಳು ಆಲ್ಫ, ಎರಡನೆಯವು ಬೀಟ ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯ ಗುಂಪಿನವು ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು. α–ಕಿರಣಗಳು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆದರೆ, β–ಕಿರಣಗಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತವೆ. ಗಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು ವಿದ್ಯುದಂಶ ರಹಿತವಾದವು.

α - ಕಿರಣಗಳು

ಇವು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಕಣಗಳ ಸಮೂಹ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಣವೂ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಕಳೆದು ಕೊಂಡ ಹೀಲಿಯಂ ಬೀಜಾಂಶ (Helium nucleide) ದ ರಚನೆಯನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣು ತೂಕ 4 ಮತ್ತು ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಎರಡು ಮಾನಗಳು (+2e). ಇವುಗಳನ್ನು $^{4}_{2}Hc$ ಎಂದೂ ಸೂಚಿಸುವ. ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಥವಾ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು ಬಾಗಿಸಬಹುದು. *α* - ಕಿರಣಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಫಲಕದ ಕಡೆಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಬಾಗುವುದರಿಂದ, ಅವು ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಪಡೆದಿವೆಯೆಂದೂ ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ತೂಕ ಸಾಕಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದೆಂದೂ ತಿಳಿಯಬಹುದು. *α* - ಕಣಗಳು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 10,000 ಮೈಲಿಗಳಿಗೂ ಹೆಚ್ಚು ದೂರ ಗಮಿಸಬಲ್ಲವು. ಅವು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಅಯಾನುಗಳಾಗಿ ವಿಭಜಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಅಯಾನೀಕರಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು *β* ಕಿರಣಗಳಿಗಿಂತ ಒಂದು ನೂರರಷ್ಟು ಮತ್ತು *γ* ಕಿರಣಗಳಿಗಿಂತ 10,000 ದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆ. *α* ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸ್ಫುರಣಶಕ್ತಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೂ ಇದೆ. *β* ಮತ್ತು *γ* ಕಿರಣಗಳೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, *α* ಕಿರಣಗಳು ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮೂಲಕ ತೂರುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು (Penetrating Power) ಅತ್ಯಲ್ಪ. (ಇದು *β* ಕಿರಣಗಳಿಗಿಂತ 1/100 ರಷ್ಟು ಮತ್ತು *γ* ಕಿರಣಗಳಿಗಿಂತ 1/10,000 ದಷ್ಟು). *α*-ಕಣಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಚಲನಶಕ್ತಿ (Kinetic energy) ಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಅವನ್ನು

ಕೃತಕ ವಸ್ತು ಪರಿವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಬೀಜಕಣಗಳನ್ನು ಸಂಘಟ್ಟಿಸಲು ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

β – ಕಿರಣಗಳು

ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳಾದ ಇವು ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಥವಾ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಫಲಕದ ಕಡೆಗೆ ಓಲುವುದರಿಂದ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹೋಲುತ್ತವೆ. ಅವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೇ ಆಗಿವೆಯಲ್ಲದೆ ಬೇರೇನಲ್ಲ. ಅವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಬಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಅವುಗಳ ಅತ್ಯಲ್ಪತೂಕ. β–ಕಣಗಳು α ಕಣಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಿಂದ ಗಮಿಸಬಲ್ಲವು. ಇವುಗಳ ವೇಗ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಸುಮಾರು 100,000 ದಿಂದ 150,000 ಮೈಲಿಗಳು. ತೂರುವ ಶಕ್ತಿಯು α–ಕಣಗಳಿಗಿಂತ 100ಪಾಲು ಅಧಿಕ. 5 ಮಿಲಿ ಮೀಟರ್ ದಪ್ಪವಿರುವ ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂನ ತಗಡಿನಿಂದ ಇವು ತಡೆ ಹಿಡಿಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. β–ಕಣಗಳ ತೂಕ ಬಹಳ ಕಮ್ಮಿಯಿರುವುದರಿಂದ ಅವು ಎಷ್ಟೇ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸಿದರೂ, ಅವುಗಳ ಚಲನಶಕ್ತಿ ಕಡಿಮೆಯೇ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅಯೂನೀಕರಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯೂ α-ಕಣಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯೇ ಆಗಿದೆ. ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕದಮೇಲೆ β-ಕಣಗಳು α- ಕಣಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಣಾಮವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ.

γ – ಕಿರಣಗಳು

γ– ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ತೂಕವೇ ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಅವನ್ನು ಕಣಗಳೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗದು. ಎಷ್ಟೇ ಪ್ರಬಲವಾದ

ವಿದ್ಯುತ್ ಅಥವಾ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿದರೂ ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಪರಿಣಾಮವುಂಟಾಗದೆ ಇರುವುದರಿಂದ ಅವು ವಿದ್ಯುದಂಶ ಪಡೆದಿಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. γ–ಕಿರಣಗಳು ಎಕ್ಸ್-ಕಿರಣಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ವಿಕಿರಣದಂತೆ (Electro magnetic radiation) ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮೂಲಕ ತೂರುವ ಶಕ್ತಿಯು β–ಕಣಗಳಿಗಿಂತ 100 ರಷ್ಟು, a–ಕಣಗಳಿಗಿಂತ 10,000ದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ತರಂಗದೂರ (Wave length) 10^{-10} ಸೆಂ.ಮಿ. ನಿಂದ 10^{-10} ಸೆಂ. ಮಿ. ಗಳಷ್ಟಿದೆ. ಅವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿಯೇ ಗಮಿಸುತ್ತವೆ. (ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 3×10^{-10} ಸೆಂ. ಮಿ.) a–ಕಿರಣಗಳು 25 ಸೆಂ. ಮಿ. ದಪ್ಪದ ಕಬ್ಬಿಣದ ಫಲಕ ಮತ್ತು 8 ಸೆಂ. ಮಿ. ದಪ್ಪದ ಸೀಸದ ಗಟ್ಟಿಯ ಮೂಲಕ ತೂರುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಪಡೆದಿವೆ.

ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ಷಯ

ವಿಕರಣ ಶೀಲ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಚಿಮ್ಮುವ ಕಿರಣಗಳು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿ ಹೊಸವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಹೊಸವಸ್ತುಗಳೂ ವಿಕಿರಣ ಶೀಲತ್ವವನ್ನು ಪಡೆದು a, β ಅಥವಾ γ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಸಿಡಿಸುತ್ತಾ ಮತ್ತೊಂದು ಸಂತತಿಯನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸುತ್ತವೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ಪರಂಪರಾನುಗತ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಶ್ರೇಣಿಗಳ ಕೊನೆಯ ವಸ್ತುಗಳು ಸೀಸದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಈ ರೀತಿಯ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಕ್ಷಯದ ಬಗ್ಗೆ ಕೂಲಂಕಷ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದವರು ರುಥರ್‌ಫೋರ್ಡ್ ಮತ್ತು ಸಾಡಿ (Soddy) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು. "ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳು ಕ್ಷಯಿಸುವಾಗಲೂ ಕೆಲವು ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪಾಲಿಸುತ್ತವೆ" ಎಂದು ಅವರು ತಿಳಿಸಿದರು. ಅವರು ಮಂಡಿಸಿದ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮುಖ್ಯಾಂಶಗಳು ಇಂತಿವೆ :

1) ಎಲ್ಲಾ ವಿಕಿರಣಶೀ ಲವಸ್ತುಗಳೂ α ಅಥವಾ β ಕಣಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತವೆ.

2) ಒಂದು α ಕಣದ ವಿಸರ್ಜನೆಯಿಂದ ಮೂಲ ಪರಮಾಣು ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಂಡು, ಭಾರಾಂಕ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣ್ವಂಕಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ 4 ಮತ್ತು 2 ಮಾನಗಳಷ್ಟು ಕಮ್ಮಿಯಾದ ಹೊಸದೊಂದು ಪರಮಾಣುವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು : M ಎಂಬ ಮೂಲ ಪರಮಾಣುವು α ಕಣವನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸಿ, N ಎಂಬ ಪರಮಾಣುವಾದರೆ, ಆಗ

$$^{A}_{Z}M \xrightarrow{\alpha} {}^{A-4}_{Z-2}N$$

ಇಲ್ಲಿ A ಮತ್ತು Z ಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಭಾರಾಂಕ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣ್ವಂಕಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ.

ಆದುದರಿಂದ α ಕಣದ ಹೊರಚಿಮ್ಮುವಿಕೆಯಿಂದ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುವು ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸ್ಥಾನಗಳಷ್ಟು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುತ್ತದೆ.

3) β ಕ್ಷಯದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಹೊಸ ವಸ್ತುವಿನ ಭಾರಾಂಕವು ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. (ಏಕೆಂದರೆ β ಕಣವು ಗಣನೆಗೆ ಬಾರದಷ್ಟು ಅತ್ಯಲ್ಪ ತೂಕವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ) ಆದರೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಬದಲಾವಣೆಯೆಂದರೆ ಹೊಸ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾಂಶದ ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಒಂದು ಮಾನದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ β-ಕ್ಷಯದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಹೊಸ ವಸ್ತುವು ಮೂಲ ಪರಮಾಣುವಿನಷ್ಟೇ ಭಾರಾಂಕವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಾದರೂ ಅದರ ಪರಮಾಣ್ವಾಂಕವು ಒಂದು ಮಾನದಿಂದ ಏರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ (Periodic table) ಅದರ ಸ್ಥಾನವು ಮೂಲ ಧಾತುವಿಗಿಂತ ಒಂದು ಸ್ಥಾನ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಪಲ್ಲಟವಾಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

$$\overset{A}{\underset{Z}{M}} \xrightarrow{\beta} \overset{A}{\underset{Z+1}{N}}$$

ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಶ್ರೇಣಿಗಳು

ಮೇಲಿನ ನಿಯಮಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಮೂರು ಮುಖ್ಯ ಶ್ರೇಣಿಗಳಾಗಿ (Series) ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. ಈ ಶ್ರೇಣಿಗಳ ಮೂಲ ಧಾತುಗಳು ಯುರೇನಿಯಂ, ಥೋರಿಯಂ, ಮತ್ತು ಆಕ್ಟೀನಿಯಂಗಳಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಶ್ರೇಣಿಗಳನ್ನು ಇವೇ ಹೆಸರುಗಳಿಂದಲೇ ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ. ಈ ಶ್ರೇಣಿಗಳಲ್ಲಿರುವ ಕೆಲವು ಸಾಮಾನ್ಯ ಹೋಲಿಕೆಗಳು ಇಂತಿವೆ:

(i) ಈ ಮೂರು ಶ್ರೇಣಿಗಳ ಕೊನೆಯ ಧಾತುಗಳು ಬಹಳ ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದು, ಒಂದೇ ಪರಮಾಣ್ವಂಕ ($Z=82$) ವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಸೀಸದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಾಗಿವೆ.

(ii) ಈ ಮೂರು ಶ್ರೇಣಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮಧ್ಯವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣ್ವಂಕ 86 ಆಗಿದ್ದು, ಹೀಲಿಯಂ, ನಿಯಾನ್...... ಮೊದಲಾದ ಅನಿಲಗಳ ಗುಂಪಾದ ಜಡಾನಿಲಗಳ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಸೇರಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ರೇಡಾನ್ (R_n), ಥೋರಾನ್ (T_n), ಮತ್ತು ಆಕ್ಟಿನಾನ್ (A_n), ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ ಶ್ರೇಣಿಯೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಇನ್ನೊಂದೇ ಶ್ರೇಣಿಯು ಇದೆಯೆಂದು ಈಗ ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಈ ಶ್ರೇಣಿಯ ಸದಸ್ಯ ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂನ ಅರ್ಧಾಯಸ್ಸು (Half-life) ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ (2.2×10^6 ವರ್ಷಗಳು) ಈ ಶ್ರೇಣಿಗೆ ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂನ ಹೆಸರೇ ಬಂದಿದೆ. ಈ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಧಾತುಗಳು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಅಲಭ್ಯವಾಗಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳನ್ನು ಕೃತ್ರಿಮ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಲಾಗಿದೆ. ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ ಶ್ರೇಣಿಯು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವಿಕಿರಣ ಶೀಲ ಶ್ರೇಣಿಗಳಿಂದ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳಲ್ಲಿ ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿದೆ. ಈ ಶ್ರೇಣಿಯ ಅಂತ್ಯ ಉತ್ಪನ್ನವು ಬಿಸ್ಮತ್ ಧಾತುವಿನ ಸ್ಥಿರವಾದ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿ $\left({}^{209}_{83}\text{Bi}\right)$; ಆದರೆ ಉಳಿದ ಮೂರು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಶ್ರೇಣಿಗಳಲ್ಲಿ ಕೊನೆಯ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ಸೀಸದ ಸ್ಥಿರ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು. ಈ ಶ್ರೇಣಿಯ ಕೊನೆಯ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಬಿಸ್ಮತ್‌ನ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯು ಮಾತ್ರ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಸಿಗುತ್ತದೆ. ಉಳಿದೆಲ್ಲವೂ ಕೃತಕವಾಗಿ ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸ

ಲ್ಪಟ್ಟವೇ. ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಅನಿಲ ಉದ್ಗಮಗಳಿಲ್ಲ (Gaseous emanations). ಆದರೆ ಉಳಿದ ಮೂರು ಶ್ರೇಣಿಗಳಲ್ಲಿ ಅನಿಲ ಉದ್ಗಮಗಳಿಗೆ ಎಡೆಯುಂಟು.

ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು

ಈ ಮೊದಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ಷಯಕ್ಕೆ ಕೆಲವು ಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ಸಹಜವಾಗಿ ಅಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವುದೇ ಕಾರಣ. ವಿವಿಧ ವಿಕಿರಣ ಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳು ವಿವಿಧ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಆಂತರಿಕ ಅಸ್ಥಿರತೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ. ಕೆಲವು ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಯುರೇನಿಯಂ) ಲಕ್ಷಾಂತರ ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ಒಡೆಯದೇ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರಬಲ್ಲವಾದರೆ, ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಕೇವಲ ಕೆಲವೇ ಸೆಕೆಂಡುಗಳು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವಿವಿಧ ಬೀಜಗಳಲ್ಲಿರುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಅಥವಾ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು "ಸರಿ" ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅಂತಹ ಬೀಜವು "ಬೆಸ" ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರೋಟಾನು ಯಾ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರುವ ಬೀಜಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರಬಲ್ಲವು.

ಎಲ್ಲಾ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣವೆಂದರೆ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಬೀಜಕಣಗಳ ಒಂದು ನಿಯತ ಅಂಶವು ವಿಭಜನೆಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಬೀಜಕಣಗಳು ಕ್ಷಯಿಸುವುದಕ್ಕೆ ತಗಲುವ ಸಮಯವನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಜೀವಿತದ ಅವಧಿಯನ್ನು ($T\frac{1}{2}$) ಬೀಜಕಣದ "ಅರ್ಧ ಜೀವಿತ ಕಾಲ" ಅಥವಾ "ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು" ಎಂದು ಕರೆಯುವರು.

ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳ ಕ್ಷಯದ ದರವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ನಾವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅರ್ಧಜೀವಿತ ಕಾಲವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತೇವೆ. ಅಂದರೆ, ಆರಂಭಕಾಲದಲ್ಲಿ N_o ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿದ್ದರೆ, $T\frac{1}{2}$ ಕಾಲದಲ್ಲಿ $\frac{No}{2}$ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕ್ಷಯ ಹೊಂದಿ, $\frac{No}{2}$ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮಾತ್ರ ಉಳಿಯುತ್ತವೆ. ಅರ್ಧಜೀವಿತ ಕಾಲವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಕಂಡು ಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

$$\frac{No.}{2} = No.E^{-\lambda T_{\frac{1}{2}}}$$

ಇದನ್ನು $T_{\frac{1}{2}} = \frac{\log. 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$

ಎಂದೂ ಬರೆಯಬಹುದು.

ಆದ್ದರಿಂದ $T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$

ಇಲ್ಲಿ λ ಎಂಬುದು ಕ್ಷಯ ನಿಯತಾಂಕ (Decay constant). ಈ ದರವು ಯಾವ ಭೌತಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದಲೂ ವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಕ್ಷಯ ನಿಯತಾಂಕವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದ ರಿಂದ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಧಾತುವಿನ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸನ್ನು ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಲೆಕ್ಕಮಾಡಬಹುದು.

ಒಂದು ನಿಗದಿಯ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಪರಮಾಣುಗಳು ಕ್ಷಯಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದನ್ನನುಸರಿಸಿ ಒಂದು ಕ್ಯೂರಿ (curie) ಯನ್ನು ಏಕಮಾನ (unit) ವನ್ನಾಗಿಡಲಾಗಿದೆ.

ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ರೇಡಿಯಂನಲ್ಲಿ 3.71×10^{10} ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಕ್ಷಯಿಸಿದರೆ ಆ ಶಕ್ತಿಗೆ ಒಂದು ಕ್ಯೂರಿ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದರ 1/1000 ಭಾಗವಾದ ಮಿಲಿಕ್ಯೂರಿ (Milli curie) ಯು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿದೆ.

ಕೃತಕ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿ

1934 ರಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಡಂ ಐರೀನ್ ಕ್ಯೂರಿ, ಜೋಲಿಯೊ (Joliot) ಮತ್ತು ಆಕೆಯ ಪತಿ ಫ್ರೆಡ್ರಿಕ್ ಜೋಲಿಯೊ ರವರು ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕೃತಕ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಬೆಳಕಿಗೆ ಬಂದಿತು. ಆ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಪೊಲೋನಿಯಂ ನಿಂದ ಪಡೆದ α-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹಗುರ ಧಾತುಗಳಾದ ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ, ಬೋರಾನ್, ಮೆಗ್ನೀಷಿಯಂಗಳ ಮೇಲೆ ಸಂಘಟಿಸುವುದರಿಂದ, ಈ ಲಕ್ಷ್ಯವಸ್ತುಗಳೇ (Targets) ಕಿರಣ ಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವುವೆಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ಮೂಲ ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳಾದ α-ಕಣಗಳನ್ನು ಹೊರತೆಗೆದ ಮೇಲೆಯೂ ಸಹ ವಿಕಿರಣವು ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುತ್ತಿದ್ದುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳೊಂದಿಗೆ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದ ಪಾಸಿಟ್ರಾನ್ (Positron, $+1^{e^0}$) ಎಂಬ ಕಣಗಳೂ ಹೊರಬರುತ್ತಿದ್ದವು. ಈ ಪಾಸಿಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವರ್ತನೆಯು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯ β ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆ ಯಂತೆಯೇ ಇದ್ದಿತು. ಈ ಲಕ್ಷ್ಯವಸ್ತುವನ್ನು ಗೈಗರ್-ಮುಲ್ಲರ್ ಗಣಕದ ಹತ್ತಿರವಿಟ್ಟಾಗ ನೂರಾರು ಸ್ಫುರಣಗಳು ಕಂಡು ಬಂದುವು. ಈ ವಿಕಿರಣಗಳು ಕ್ಷಯಿಸುವಿಕೆಯಲ್ಲೂ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವಿಕಿರಣ ಕ್ಷಯವನ್ನೇ ಹೋಲುತ್ತಿದ್ದವು. ಅವುಗಳಂತೆಯೇ

ಅರ್ಧಾಯಸ್ಸುಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ಎಲ್ಲ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಕ್ಯೂರಿ ಮತ್ತು ಜೋಲಿಯೊ ದಂಪತಿಗಳು ಇದೊಂದು ಕೃತಕ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯೆಂದು ನಿಸ್ಸಂದೇಹವಾಗಿ ಘೋಷಿಸಿದರು.

ಹಗುರು ಧಾತುಗಳ ಬೀಜಾಂಶಗಳನ್ನು a ಕಿರಣಗಳಿಂದ ಹೊಡೆದಾಗ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಕಣವು ಹೊರಬೀಳುವುದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಹೊಸ ಬೀಜಾಂಶವು ಅಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಪಾಸಿಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು.

(i) $$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{*30}_{15}P + ^{1}_{0}n$$

$$^{*30}_{15}P \rightarrow ^{30}_{14}Si + ^{0}_{+1}e$$

(ii) $$^{10}_{5}B + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{*13}_{7}N + ^{1}_{0}n$$

$$^{*13}_{7}N \rightarrow ^{13}_{6}C + ^{0}_{+1}e$$

ಹೀಗೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಸಾರಜನಕವು ವಿಕಿರಣಶೀಲತೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಅದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಸಾರಜನಕದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದರಿಂದಲೂ ಅದನ್ನು

"ರೇಡಿಯೊ ಸಾರಜನಕ" (Radio Nitrogen) ವೆಂದು ಕರೆಯು ಲಾಗಿದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹಲವು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಕೃತಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ವಿಕಿರಣ ಶೀಲತೆಯುನ್ನುಂಟುಮಾಡಿದಾಗ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಸ್ತುಗಳ ಧಾತುಗಳ ಸಂಕೇತದ ಹಿಂಡೆ "ರೇಡಿಯೊ" ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಸೇರಿಸುವುದು ಪರಿಪಾಠವಾಗಿದೆ. ರೇಡಿಯೊ - ರಂಜಕ, ರೇಡಿಯೊ - ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ, ಇವೇ ಮೊದಲಾದ ವಸ್ತುಗಳೆಲ್ಲವೂ ಆಯಾ ಧಾತುಗಳ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

4. ಕೃತಕ ವಸ್ತುಪರಿವರ್ತನೆ

ಕೃತಕ ವಸ್ತುಪರಿವರ್ತನೆಯು ಇಂದು ಮಾಮೂಲಾದ ವಿಧಾನದಂತೆ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಕೀಳು ಲೋಹಗಳನ್ನು ಬಂಗಾರವಾಗಿ ಪರಿಪರ್ತಿಸುವ ರಸವಾದಿಗಳ (Alchemists) ಕನಸು ನನಸಾಗುವ ಅವಕಾಶವುಂಟಾಗಿದೆ. ಕೃತಕ ವಸ್ತು ಪರಿವರ್ತನೆ ಕಾರ್ಯಸಾಧ್ಯವಾಗಲು ಪ ರ ಮಾ ಣು ವಿ ನ ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ಒಳಹೊಕ್ಕು ಅದನ್ನು ವಿಭಜಿಸುವುದೊ ಅಥವಾ ಮಾರ್ಪಡಿಸುವುದೊ ಸಾಧ್ಯವಾಗಬೇಕು. ಲಕ್ಷ್ಯ ಬೀಜಾಂಶದ ಗಾತ್ರ ಕೇವಲ 10^{-12} ಸೆಂ. ಮಿ. ನಷ್ಟು ಅಲ್ಪ ವಾದುದರಿಂದ ಇದು ಬಹಳ ಕಠಿಣ ಕೆಲಸ. ಇದನ್ನು ಒಳ ಹೊಕ್ಕಬಹುದಾದ ಕ್ಷಿಪಣಿಯೂ (Missile) ಸಹ ಅತ್ಯಂತ ಕಿರಿದಾಗಿರಬೇಕು. ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜಾಂಶದ ಸುತ್ತ ಒಂದು ಅಭೇದ್ಯವಾದ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಕೋಟೆಯಿರುವುದರಿಂದ (High potential barrier) ನಾವು ಬಳಸುವ ಕ್ಷಿಪಣಿಯು ಅದನ್ನು ಭೇದಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು. ಸೂಕ್ತವಾದ ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳು ದೊರಕಿ, ಅವುಗಳಿಂದ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿ ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ಹೊಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾದರೂ, ಈ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿ ಅಳೆದು ತೋರಿಸುವ ಸಾಧನಗಳ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಬೇಕು. ಕೆಲವು ವಿಶಿಷ್ಟ ಯಂತ್ರಗಳ ನಿರ್ಮಾಣದಿಂದ ಈ ಸಮಸ್ಯೆ

ಗಳು ಇಂದು ಸಮಸ್ಯೆಗಳಾಗಿಯೇ ಉಳಿದಿಲ್ಲ; ಪರಿಹಾರ ಲಭಿಸಿದೆ.

ಕೃತಕ ವಸ್ತುಪರಿವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರುವ ಹಲವಾರು ಕ್ಷಿಪಣಿ ಕಣಗಳಿವೆ. ವಿಶ್ವಕಿರಣಗಳು, *a* ಕಿರಣಗಳು, *v* ಕಿರಣಗಳು, ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು, ಡ್ಯುಟೆರಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನೂ ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಮಿಕ್ಕೆಲ್ಲವಕ್ಕಿಂತ ಅವು ಅತ್ಯಂತ ಫಲಕಾರಿಯಾದುವು. ಈ ಕೃತಕ ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳಿಗೆ ಅತೀವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಕಣ ವೇಗವರ್ಧಕಗಳನ್ನು (Particle Accelerators) ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಇಂತಹ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಲಾರೆನ್ಸ್ (Lawrence) ಕಂಡುಹಿಡಿದ 'ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್' (Cyclotron) ಚರಿತ್ರಾರ್ಹವಾದುದು. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಬಲ್ಲ ಸಿನ್ಕ್ರೊ-ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್ (Synchro-Cyclotron) ಮತ್ತು ಬೀಟಾ-ಟ್ರಾನ್ (Betatron) ಮೊದಲಾದ ವೇಗವರ್ಧಕ ಯಂತ್ರಗಳು ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿವೆ.

ವಸ್ತುಪರಿವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳ (Nuclear re-actions) ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ಹಲವಾರು ಯಂತ್ರೋಪಕರಣಗಳೂ ಇವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣಾಲಯ (Ionization chamber), ವಿಲ್ಸನ್ನಿನ ಮೇಘಾಲಯ (Wilson's cloud chamber) ಮತ್ತು ಗೈಗರ್-ಮುಲ್ಲರ್ ಗಣಕ (Geiger-Muller Counter) ಮೊದಲಾದವು ಪ್ರಮುಖವಾದವು.

ಈ ವಸ್ತುಪರಿವರ್ತನೆಯು ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರಮುಖ ಹಂತಗಳಿರುವುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಮೊದಲನೆಯ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಲಕ್ಷ್ಯ ಬೀಜಾಂಶವೂ ಕ್ಷಿಪಣಿ ಕಣವೂ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಸೇರಿ ಒಂದು ಸಂಯುಕ್ತ ಬೀಜಾಂಶವು (Compound nucleus) ರಚಿತವಾಗುವುದು. ಎರಡನೆಯ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಸಂಯುಕ್ತ ಬೀಜಾಂಶವು ತಾನು ಪಡೆದಿರುವ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿ, ಮತ್ತೆ ಸುಭದ್ರ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗುವುದು. ಅದರ ಉದ್ರಿಕ್ತ ಸ್ಥಿತಿಯ (Excited state) ಕಾಲಾವಧಿಯು $10^{-14} - 10^{-12}$ ಸೆಕೆಂಡಿನಷ್ಟಿರುವುದು. ಹೀಗೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹುವ ಎರಡನೆಯ ಹಂತದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಕಣಗಳು ಅಧಿಕ ವೇಗದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಸಂಭವವು ಹೆಚ್ಚು. ಸಂಯುಕ್ತ ಬೀಜಾಂಶದಿಂದ α–ಕಣಗಳು ಹೊರಬೀಳುವ ಸಂಭವವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬೀಜಕಣವು ವಿಸರ್ಜಿಸಲ್ಪಡಲು ಸಂಯುಕ್ತ ಬೀಜಾಂಶಕ್ಕೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿಯು ಇರಬೇಕು. ಈ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯು ದೊರಕಿದರೆ, ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಗಾಮಾ ವಿಕಿರಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳಬಹುದು. ಗಾಮಾ ವಿಕಿರಣಗಳು ವಿಸರ್ಜಿತವಾಗುವಂತಹ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ "ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಗ್ರಹಣ ಕ್ರಿಯೆ" (radioactive capture reaction) ಗಳೆಂದು ಹೆಸರು. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಪರಿಣಾಮವೂ ಉಂಟಾಗಬಹುದು. ಸಂಯುಕ್ತ ಬೀಜಾಂಶವು ಕೆಲವು ವಿಕಿರಣ ಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಅಥವಾ ಒಂದು ಪಾಸಿಟ್ರಾನು (e^-, e^+) ಕಣವನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸಬಹುದು.

ವಸ್ತುಪರಿವರ್ತನೆಗೆ ಸಮರ್ಥ ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳು :

1932 ರ ವರೆಗೆ ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿದ್ದ ಸಮರ್ಥ ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳೆಂದರೆ, ಸಾಕಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳು ಸಿಡಿಸುತ್ತಿದ್ದ a ಕಣಗಳು ಮಾತ್ರ. ಆದರೆ ಈ ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳು ಬಹು ಭಾರವಾದ ಬೀಜಾಂಶಗಳನ್ನು ಪರಿವರ್ತಿಸುವಲ್ಲಿ ಅಸಮರ್ಥವಾಗಿದ್ದವು. ಇವಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸಮರ್ಥವೆನಿಸಿದ ಪ್ರೋಟಾನು ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳನ್ನೂ ಕೆಲಕಾಲ ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕಾಗಿ ಬಳಸಲಾಯಿತು. ಆದರೆ ವಿಕಿರಣ ಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ವೇಗಭರದಿಂದ ಹೊರಚಿಮ್ಮುವ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ.

ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲ ಬಾರಿಗೆ ಬೃಹತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕ್ಷಿಪಣಿ ಕಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಕೃತಕ ವಿಧಾನದಿಂದ ವಸ್ತುಪರಿವರ್ತನೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದ ಕೀರ್ತಿ ಕಾಕ್‌ರಾಫ್ಟ್ (Cockroft) ಮತ್ತು ವಾಲ್ಟನ್ (Walton) ರವರಿಗೆ ಸಲ್ಲಬೇಕು. ಈ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು 1932 ರಲ್ಲಿ ತಾವೇ ಯೋಜಿಸಿದ ನೂತನ ವಿಧಾನದಿಂದ 800,000 ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡಿದರು. ಪ್ರೋಟಾನ್ ಕಣಗಳ ವೇಗವನ್ನು ವರ್ಧಿಸಿ, ಅವನ್ನು ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಲೀಥಿಯಂ ಮತ್ತು ಬೋರಾನ್ ಧಾತುಗಳ ಬೀಜಾಂಶಗಳನ್ನು ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿದರು. ಈ ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ a ಕಿರಣಗಳು ಉತ್ಪನ್ನ ವಾದುದನ್ನು ತೋರಿಸಿದರು. ಬಿಡುಗಡೆಯಾದ a ಕಣಗಳು 17.2 ಮಿಲಿಯನ್ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ (Mev) ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದವು.

$$ {}^{7}_{3}\mathrm{Li} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} \rightarrow \left[{}^{8}_{4}\mathrm{Be} \right] \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} $$

ಲೀಥಿಯಂ + ಪ್ರೋಟಾನ್→ ಬೆರಿಲಿಯಂ→ ಎರಡು α–
(ಸಂಯುಕ್ತ ಬೀಜಾಂಶ) ಕಣಗಳು

ಕಾಕ್‌ರಾಫ್ಟ್ ಮತ್ತು ವಾಲ್ಟನ್‌ರವರು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಸಾಧನವು ಸ್ಥಿರ ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿಂದ ಕೂಡಿದ್ದ ಒಂದು ಕಣ ವೇಗ ವರ್ಧಕ. ಇದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಫಲವಾಗಿ ಜಲ ಜನಕವು ವಿಭಜನೆಗೊಂಡು ಅಯಾನುಗಳ (ವಿದ್ಯುತ್ಕಣ) ನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದರಿಂದ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಹಲವು ಸೀಳು ಫಲಕ (Slit) ಗಳ ಮೂಲಕ ಒಂದು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ನಳಿಗೆಯೊಳಕ್ಕೆ ಕಳಿಸಿದಾಗ ಎರಡು ಲಕ್ಷ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಗೂ ಮಿಕ್ಕಿದ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ನಿಂದಾಗಿ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದು ವೇಗ ಭರದಿಂದ ಧಾವಿಸುವ ಪ್ರೋಟಾನು ಕಣಗಳನ್ನು ಲೀಥಿಯಂ ಲಕ್ಷ್ಯದ ಮೇಲೆ ಘರ್ಷಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿ ವಸ್ತು ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಮಾಡಿದರು. ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ತವಾದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದ ಮೇಲೆ 30 ಲಕ್ಷ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಈ ಮಾದರಿಯ ಕಣವೇಗವರ್ಧಕ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ ಸಂಶೋಧನಾಲಯಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

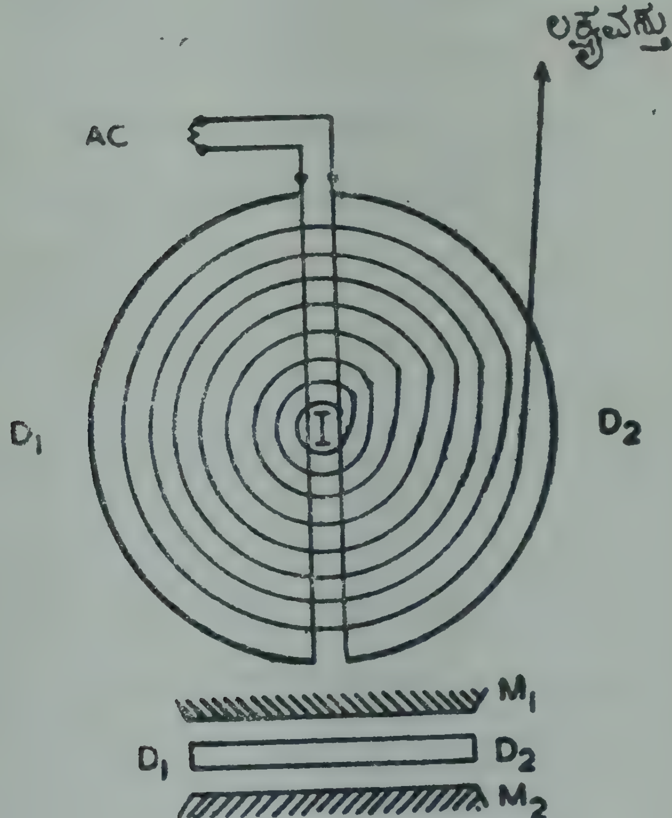
1932ರಲ್ಲಿ ಛಾಡ್‌ವಿಕ್ (Chadwick) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಲೀಥಿಯಂ, ಬೆರಿಲಿಯಂ, ಮೊದಲಾದ ಧಾತುಗಳ ಬೀಜಾಂಶಗಳನ್ನು a– ಕಣಗಳಿಂದ ಹೊಡೆದಾಗ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದ ಹೊಸರೀತಿಯ ವಿಕಿರಣಗಳು ಬಿಡುಗಡೆಯಾದುದನ್ನು ಕಂಡನು. ಇವುಗಳ ತೂಕವು ಪ್ರೋಟಾನು ಕಣಗಳಷ್ಟೇ ಆದರೂ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ ಆಗಿದ್ದವು. ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳ ಬೀಜಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಅಡಗಿರುವಂತಹ ಈ ಶೂನ್ಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳೇ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು.

ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ ವಸ್ತು ಪರಿವರ್ತನೆಗೆ ಇನ್ನೊಂದು ಕ್ಷಿಪಣಿ ಸಿಕ್ಕಂತಾಯಿತು. ನ್ಯೂಟ್ರಾನು, ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದು ಪ್ರೋಟಾನು, a– ಕಣಗಳು ಮುಂತಾದ ಧನವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳಂತೆ ಲಕ್ಷ್ಯ ಬೀಜಾಂಶದ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ಬಂದಾಗ ವಿಕರ್ಷಣಗೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ.

ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್

1932ರಲ್ಲಿ ಪ್ರೊ॥ ಈ. ಒ. ಲಾರೆನ್ಸ್ ಎಂಬುವರು ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾದಲ್ಲಿರುವ ಬರ್ಕ್ಲಿ ಅಧ್ಯಯನ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅನುರಣನ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದ (Resonance acceleration) ತತ್ವವನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ಹೊಸ ನಮೂನೆಯ ಒಂದು ಮಹತ್ವವಾದ ಯಂತ್ರವನ್ನು ರಚಿಸಿದರು. ಅದೇ 'ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್'. ಈ ಯಂತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸುಮಾರು 50 Mev ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಣಗಳಿಗೆ ಕೊಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿ, ಅವುಗಳು ವಸ್ತು ಪರಿವರ್ತನೆ

ಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಬಹುದಾಗಿದೆ. ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನ ತತ್ವವನ್ನು ಚಿತ್ರ 2 ರಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 2. ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್

ಈ ಯಂತ್ರದ ಪ್ರಮುಖ ಅಂಗವೆಂದರೆ, ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಬಲ ವಾದ ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತ ಧ್ರುವಗಳ (M_1 ಮತ್ತು M_2) ನಡುವೆ ಇಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಚಪ್ಪಟೆಯಾದ ತಾಮ್ರ ಲೋಹದಿಂದ ರಚಿಸಿರುವ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಕತ್ತರಿಸಿ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲಾದ ಎರಡು ಅರ್ಧ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಗೋಳಗಳು (D_1 ಮತ್ತು D_2). ಇವೆರಡು ಅರ್ಧಗೋಳಗಳನ್ನು “ ಡಿ ” ಗಳು (Dees) ಎಂದು ಕರೆಯು

ತ್ತಾರೆ. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿಯು ಸುಮಾರು 15,000ದಿಂದ 20,000 ಗಾಸ್ (Gauss) ಮಾನಗಳಷ್ಟಿರುವುದು. AC ಎಂಬುದು ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಆಂದೋಲಕ (Alternating current oscillator). ಇದರಿಂದ 10 ದಶ ಲಕ್ಷ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುವ ಸುಮಾರು 15,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ 20 ಕಿಲೋ ವಾಟ್ ಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬಹುದು. ಈ ಆಂದೋಲಕ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಒಂದು ಪರಿವರ್ತಕ (transformer) ದ ಮೂಲಕ ಎರಡು ಡೀ ಗಳಿಗೂ ಸಂಪರ್ಕ ಕಲ್ಪಿಸಿದೆ. ನಾವು ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗಿರುವ ಧನ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಿ ಕಣಗಳನ್ನು ಎರಡು ಡೀಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ 'I' ಎಂಬ ಕೇಂದ್ರ ದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಣಗಳು ಡೀ ಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿರುವಾಗ ಪ್ರಬಲವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಕೊಳಗಾಗಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಕಣಗಳು D_1 ಮತ್ತು D_2 ಗಳ ಒಳ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ತಲುಪಿದ ತಕ್ಷಣವೇ ಅವುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೊಳಗಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರ ದಿಕ್ಕು ಕಣಗಳು ಗಮಿಸುವ ಮಾರ್ಗಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದ $D_1 - D_2$ ಗಳ ಒಳಗಿರುವಾಗ ಕಣಗಳು ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಪಥ ಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತವೆ.

ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಕಾಲದಲ್ಲಿ 'ಡಿ'ಗಳೊಳಗೆ ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತಲಿರುವ ವೇಗಗಳಿಂದ ವಿವಿಧ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳ ಅರ್ಧ ವೃತ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಪರ್ಯಟನ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿದ ತಕ್ಷಣ ಪ್ರಬಲ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ

ಕ್ಕೊಳಗಾಗುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗಳು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹತ್ತಾರು ಲಕ್ಷಗಳ ಆವರ್ತಗಳಲ್ಲಿ ವೃದ್ಧಿಗೊಳ್ಳು ವುದರಿಂದ ಡೀಗಳ ಹೊರಗೆ ನಿರ್ಗಮಿಸುವಾಗ ಆ ಕಣಗಳ ವೇಗವು ಅಪಾರವಾಗಿದ್ದು ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅವು ಪಡೆದಿರುತ್ತವೆ. ಅಗಾಧವಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಅಪಾರ ಶಾಖವನ್ನು ತಡೆ ಗಟ್ಟಲು ಇಡೀ ಯಂತ್ರವನ್ನು 3–4 ಅಡಿಗಳ ದಪ್ಪದ ನೀರಿನ ಆವರಣಗಳಿಂದ ರಕ್ಷಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಯಂತ್ರದ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ತಗಲುವ ವೆಚ್ಚವೂ ಅಪಾರ. ಯಂತ್ರದ ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿ ತಲೆದೋರುವ ನೂರಾರು ಸಮಸ್ಯೆಗಳಿಂದಾಗಿ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನ ರಚನೆ ಬಹುಕಷ್ಟ ಸಾಧ್ಯ. ಇಷ್ಟಾದರೂ ಇಂದು ಹಲವಾರು ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್ ಯಂತ್ರಗಳು ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಅಮೆರಿಕ ದಲ್ಲಿಯೇ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನುಗಳು ಇರುವುವು. ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಕಲಕತ್ತಾದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಒಂದು ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್ ಇದೆ.

1932 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರೊ॥ ಲಾರೆನ್ಸ್ ಪ್ರಪ್ರಥಮವಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್‌ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಧ್ರುವಗಳ ವ್ಯಾಸವು 30 ಸೆಂ. ಮಿ. (ಅಥವಾ 12 ಅಂಗುಲಗಳು) ಗಳಷ್ಟಿತ್ತು. ಈ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ 14000 ಗಾಸ್ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು 5000 ವೋಲ್ಟ್ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೂ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಹೊರಬಿದ್ದ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯು 1.2 Mev ಗೆ ಸಮನಾಗಿದ್ದಿತು. ಯಂತ್ರದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಸಲುವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಗಾತ್ರಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿ ಹಲವಾರು ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು

ನಡೆಸಲಾಯಿತು. 1939ರಲ್ಲಿ ಲಾರೆನ್ಸ್ ಮತ್ತು ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಬೃಹತ್ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತದ ತೂಕವು 200 ಟನ್‌ಗಳಷ್ಟಿದ್ದು, ಕಾಂತ ಧ್ರುವಗಳ ವ್ಯಾಸವು 60 ಅಂಗುಲಗಳಾಗಿತ್ತು. 60 ಕಿಲೋ ವಾಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಆಂದೋಲಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ, ಪ್ರೋಟಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿಯು 8Mev ಗೂ, ಡ್ಯುಟರಾನ್‌ಗಳ ಶಕ್ತಿಯು 16 Mev ಗೂ, ಮತ್ತು α ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯು 38 Mev ಗೂ ಏರಿದವು. ಈ ಬೃಹತ್ ಯಂತ್ರವೇ ಇಂದಿಗೂ ಉಪಯೋಗದಲ್ಲಿದೆ. ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನ ನಿರ್ಮಾಣವು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಘಟ್ಟವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ. ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಹಲವಾರು ಕೃತಕ ವಸ್ತು ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿವೆ.

ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್ ಯಂತ್ರದ ತತ್ವವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಭಾರಿ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುವ ಕಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬೇಕಾದರೆ ಕೆಲವು ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಅತ್ಯವಶ್ಯಕವಾಗಿವೆ. ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಸಿನ್ಕ್ರೋಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್, ಸಿನ್ಕ್ರೋಟ್ರಾನ್ ಅಥವಾ ಬೀವಾಟ್ರಾನ್ (synchrotron or bevatron) ಮತ್ತು ಬೀಟಾಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಂಬ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಯಂತ್ರಗಳು ಬೆಳಕಿಗೆ ಬಂದಿವೆ.

ಸಿನ್ಕ್ರೋಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್ ನಿಂದ 200 Mev ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಕಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು 1946 ರಲ್ಲಿ ಸ್ವತಃ ಲಾರೆನ್ಸ್‌ರವರೇ ನಿರ್ಮಿಸಿದರು. 1941 ರಲ್ಲಿ ಕೆರ್ಸ್ಟ್ (Kerst) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಬೀಟಾಟ್ರಾನ್

ಯಂತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದನು. ಈ ಯಂತ್ರವು 500 Mev ಶಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಪಡೆದಿದೆ. ಬರ್ಕ್ಲಿಯ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿಯೇ ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ನಿರ್ಮಿಸಲಾದ ಸಿನ್ಕ್ರೋಟ್ರಾನ್ (ಅಥವಾ ಬೀವಾಟ್ರಾನ್) ಯಂತ್ರದಿಂದ 1000 Mev (ಅಥವಾ ಒಂದು ಬಿಲಿಯನ್ ev) ಶಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬಹುದು.

ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಉತ್ಪನ್ನಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳು

ಬೀಜ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಿರಣಗಳು ಮತ್ತಿತರ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಖಚಿತವಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಹಲವಾರು ರೀತಿಯ ನಿರ್ದೇಶಕ ಸಾಧನಗಳು ಅವಶ್ಯವಾಗಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖವಾದವುಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗುವುದು.

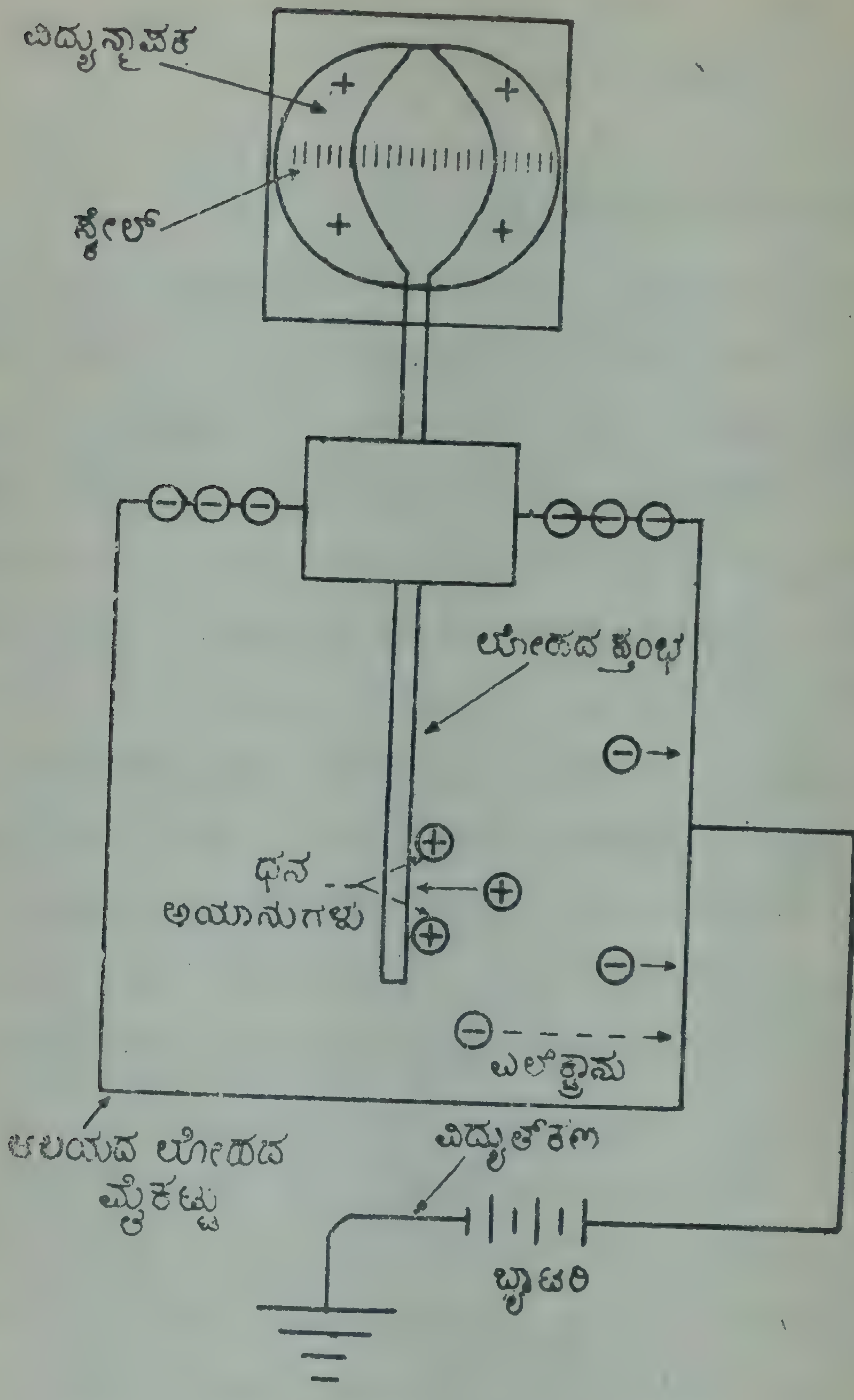
ವಿದ್ಯುದಂಶ ಹೊಂದಿರುವ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳನ್ನು ನಾವು ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಕಾಣಲಾಗದಿದ್ದರೂ, ಅವು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವಾಗ, ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳನ್ನು ಭೇದಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ಕಣಗಳನ್ನು ಅಥವಾ (ಅಯಾನುಗಳನ್ನು) ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಕಣಗಳನ್ನುಕೆಲವು ಕೇಂದ್ರಗಳ ಮೇಲೆ ಕೂಡುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯೇ ಅವುಗಳನ್ನು ಹಿಂಬಾಲಿಸುವಂತೆ ಜಾಡುಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಗುರುತುಗಳನ್ನು ರೇಖಾರೂಪವಾಗಿ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರಗಳ (Photographs) ಮೂಲಕ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳ ಉದ್ದ, ಗಾತ್ರ ಮುಂತಾದ ಅಂಶಗಳಿಂದ ಮೂಲ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳ ವೇಗ, ಗಮನಮಾರ್ಗ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ವಿಚಾರಗಳ ಮಾಹಿತಿ

ಸಿಗುವುದು. ಇದೇ ತತ್ವವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಕೆಲವು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಪಕರಣಗಳು ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣಾಲಯ

ಅಯೋನಿಕೃತ (Ionized) ಅನಿಲದಿಂದ ತುಂಬಿರುವ ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿರುದ್ಧ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಧ್ರುವ (ಎಲೆಕ್ಟ್ರೋಡ್) ಗಳನ್ನು ಇಟ್ಟಾಗ ಧನ ಅಯಾನುಗಳು ಋಣ ಧ್ರುವ (cathode) ದ ಕಡೆಗೂ ಮತ್ತು ಋಣ ಅಯಾನುಗಳು ಧನ ಧ್ರುವ (anode) ದ ಕಡೆಗೂ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಆಗ ಆ ಅನಿಲವು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಅನೇಕ ವಿಧಗಳಿಂದ ಪತ್ತೆಮಾಡಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣಾಲಯದ ಮೂಲ ತತ್ವ ಇದೇ ಆಗಿದೆ. ಚಿತ್ರ 3 ರಲ್ಲಿ ಈ ಸಾಧನದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳು ಆ ಲ ಯ ದೊ ಳ ಗೆ ಪ್ರವೇಶಿಸಿದಾಗ ಅದರೊಳಗಿರುವ ಅನಿಲದ ಕೆಲವು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಅಯೊನೀ ಕರಿಸುವುವು ಮತ್ತು ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಅಯಾನುಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಆಕರ್ಷಿತವಾಗುವುವು. ಈ ಆಲಯಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿ ಕೊಂಡಂತೆಯೇ ಇರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕ (electrometer) ದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅಳೆಯ ಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಆಲಯದ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವ ಮೂಲ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ತಿಳಿಯುವುದು. ಮೂಲ ಕಣಗಳ ಸ್ವರೂಪ ಮತ್ತು ವೇಗಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಅಂಶಗಳನ್ನೂ ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 3. ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣಾಲಯದ ರಚನೆ

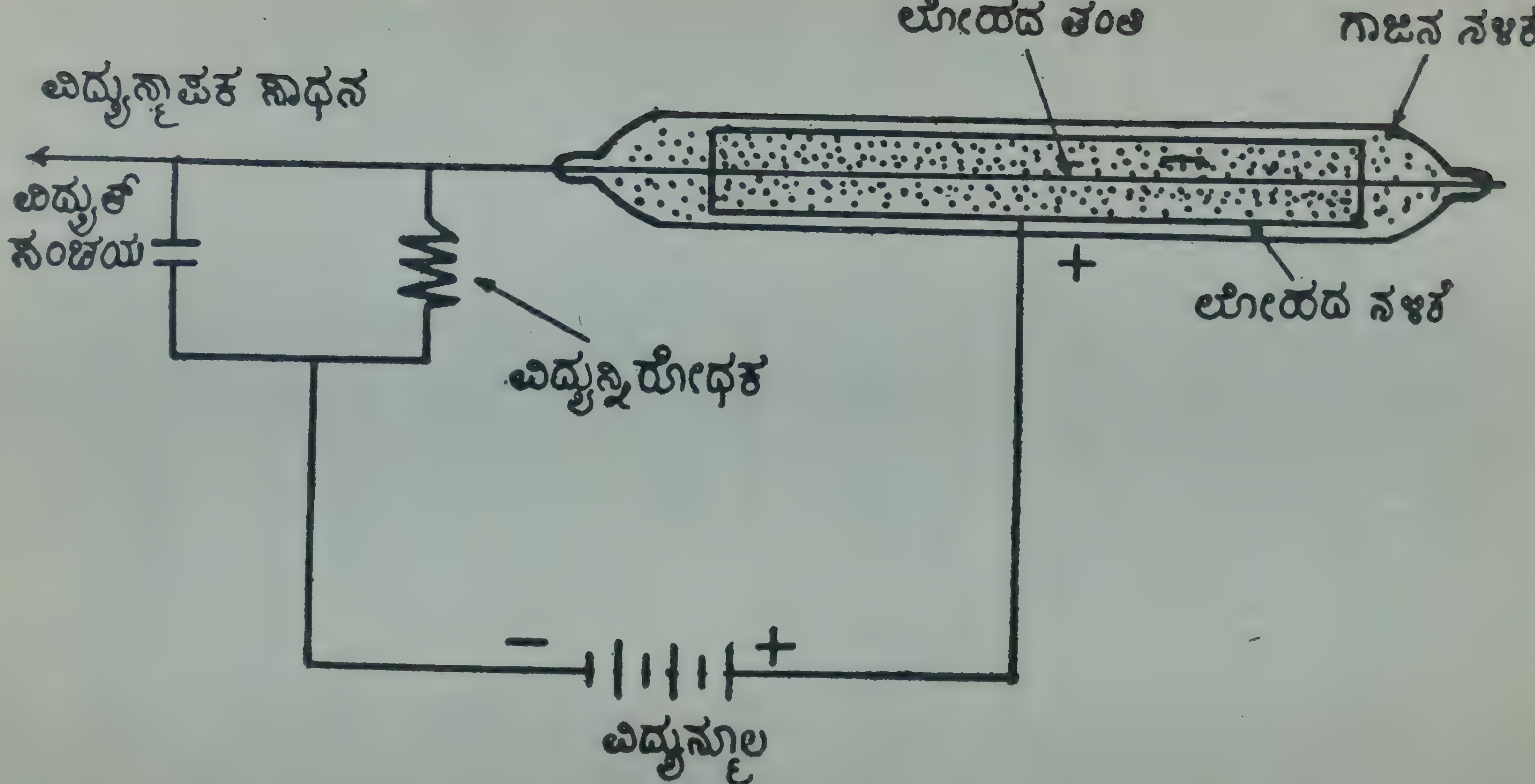
ಗೈಗರ್–ಮುಲ್ಲರ್ ಗಣಕ

ಗೈಗರ್–ಮುಲ್ಲರ್ ಗಣಕ ಯಂತ್ರವು ಹಿತ್ತಾಳೆ ಅಥವಾ ನಿಕ್ಕಲ್ ಲೋಹದಿಂದ ಮಾಡಿರುವ ಒಂದು ನಳಿಗೆಯಿಂದ ಕೂಡಿದ್ದು, ಈ ನಳಿಗೆಯ ಒಳಗೆ ಅದರ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ½ ಮಿ. ಮಿ. ದಪ್ಪದ ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ಲೋಹದ ತಂತಿಯನ್ನು ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತೆ (ಚಿತ್ರ 4 ನೋಡಿ)

ಈ ತಂತಿಯು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಧ್ರುವದಂತೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಲೋಹದ ನಳಿಗೆಯನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ಗಾಜಿನ ನಳಿಗೆಯೊಳಗೆ ಕೂಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಲೋಹದ ತಂತಿಗೂ ಲೋಹದ ನಳಿಗೆಗೂ ನಡುವೆ ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು (500 ಅಥವಾ 800 ವೋಲ್ಟ್) ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ನಳಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಗಾಳಿ, ಜಲಜನಕ, ಆರ್ಗಾನ್ ಅಥವಾ ಬೇರಾವುದಾದರೂ ಸೂಕ್ತ ಅನಿಲವನ್ನು 10 ಮಿ. ಮಿ. ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ತುಂಬಿಸಿಟ್ಟರೆ, ಅದರೊಳಗೆ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ಕಣಗಳು ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳನ್ನು ವಿಭಜಿಸಿ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಅಪಾರಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಅಯಾನುಗಳು ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೊಳಪಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕೆಲವು ಸಹಾಯಕ ಉಪಕರಣಗಳ ಮೂಲಕ ಗೊತ್ತು ಮಾಡಬಹುದು.

ನಾವು ವೀಕ್ಷಿಸಬೇಕಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಉಪಕರಣದ ಗಾತ್ರ, ಒಳಗಿನ ಅನಿಲದ ಸ್ವರೂಪ ಮತ್ತು ವೋಲ್ಟೇಜುಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅನೇಕ



ಚಿತ್ರ 4. ಗೈಗರ್-ಮುಲ್ಲರ್ ಗಣಕ

ವಿಶಿಷ್ಟಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಗೈಗರ್ ಮುಲ್ಲರ್ ಗಣಕವು ಇಂದು ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಹತ್ತರ ಪಾತ್ರವಹಿಸುತ್ತಿದೆ. ಅಗೋಚರ ಕಣಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ ಗೈಗರ್ ಮುಲ್ಲರ್ ಗಣಕದಂಥ ಉತ್ತಮ ಉಪಕರಣ ಬೇರೊಂದಿಲ್ಲ.

ವಿಕಿರಣೋತ್ಪನ್ನಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ನೆರವಾಗುವ ಇನ್ನೂ ಹಲವಾರು ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ವಿಲ್ಸನ್ನಿನ ಮೇಘಾಲಯ, ಗುಳ್ಳೆಯ ಆಲಯ (Bubble chamber), ಕಿಡಿ ಆಲಯ (Spark chamber), ಸ್ಫುರಣ ಗಣಕ (Scintillation counter) ಮೊದಲಾದವು ಪ್ರಮುಖ ವಾದುವು.

1934ರಿಂದೀಚೆಗೆ ಕೃತಕ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಾದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು 500ಕ್ಕೂ ಮೀರಿದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಠಕದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾಗಿರುವ ಸಮಸ್ತ ಧಾತುಗಳಿಗೂ ಒಂದು ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಿವೆಯೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಒಂದೇ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯು ಹಲವು ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ನಿರ್ಮಿತವಾಗಬಹುದು. ಈ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಕೆಲವು ಹೊಸ ಧಾತುಗಳೂ ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಈ ರೀತಿ ಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಹೊಸ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಟೆಕ್ನೀಷಿಯಂ ($Z=43$) ಪ್ರೋಮೇಥಿಯಂ ($Z=61$) ಆಸ್ಟಟೈನ್ ($Z=85$) ಮತ್ತು ಫ್ರಾನ್ಸಿಯಂ ($Z=87$) ಗಳನ್ನು ಹೆಸರಿಸಬಹುದು. ಯುರೇನಿ ಯುಂನ ಆಚೆಗೆ ಇರುವ ಹಲವಾರು ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಧಾತುಗಳನ್ನು (Transuranic elements) ಇತ್ತೀಚಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಕೃತಕವಾಗಿ

ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಯುರೇನಿಯಂ ಕೆಳಗಿನ ನಾಲ್ಕು ಧಾತುಗಳು ಮತ್ತು ಯುರೇನಿಯಂನ ಆಚೆಯ ಎಲ್ಲಾ ಧಾತುಗಳೂ ಮಾನವನಿರ್ಮಿತ. ಈ ಕೃತಕ ಧಾತುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆ, ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳು ಮತ್ತು ಉಪಯೋಗಗಳ ಬಗೆಗೆ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

5. ಕಾಣೆಯಾಗಿದ್ದ ಧಾತುಗಳು

ಈ ಶತಮಾನದ ಮೂರನೇ ದಶಕಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ಯುರೇನಿಯಂಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಪರಮಾಣ್ವಂಕವುಳ್ಳ ನಾಲ್ಕು ಧಾತುಗಳು ನಮ್ಮ ಅವಗಾಹನೆಗೆ ಬಂದಿರಲಿಲ್ಲ. 43, 61, 85, 87 ಅಂಕಗಳ ಧಾತುಗಳೇ ಇವು. ಈ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿರುವುದಾಗಿ ಕೆಲವರು ಘೋಷಿಸಿದರು ಮತ್ತು ಕೆಲವು ಹೆಸರುಗಳನ್ನೂ ಸೂಚಿಸಿದರು. ಆದರೆ ಅವರ ಘೋಷಣೆ ಸರಿಯಲ್ಲವೆಂದೂ, ಆ ಧಾತುಗಳು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಅಲಭ್ಯವೆಂದೂ ನಂತರ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಈ ನಾಲ್ಕು ಕಾಣೆಯಾಗಿದ್ದ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಕೃತ್ರಿಮ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸುವ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದ ಫಲವಾಗಿ ಯಶ ದೊರೆತಿದೆ. ಭೂಮಿ ಹುಟ್ಟಿದಾಗಲೇ ಈ ಧಾತುಗಳೂ ಉಂಟಾಗಿರಬಹುದು. ಆದರೆ ಅವು ಇಂದು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಸಿಗದಿರುವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನು ? ಅವುಗಳ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಸಾಕಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾಗಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ ಅವು ಕಾಲಕ್ರಮೇಣ ಕ್ಷಯಿಸಿ ಈಗ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಕಣ್ಮರೆಯಾಗಿವೆ. ದೀರ್ಘ ಅರ್ಧಜೀವಿತ ಕಾಲ ಪಡೆದಿರುವ ಧಾತು ರೂಪಗಳು ಮಾತ್ರ ಇಂದಿನವರೆಗೂ ಉಳಿದಾವು.

ನಮಗೆ ಕಾಣಸಿಗದ ಅಥವಾ ನಷ್ಟಗೊಂಡ ಇಂಥ ಕೆಲವು ಧಾತುಗಳನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕೃತಕ ರೀತಿಯಿಂದ ನಿರ್ಮಿಸುವು

ದಕ್ಕೂ ಇಂದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಕೃತಕ ಧಾತುಗಳೆಂದರೆ, ಟೆಕ್ನೀಷಿಯಂ. ಪ್ರೊಮೇಥಿಯಂ, ಆಸ್ಟಟೈನ್ ಮತ್ತು ಫ್ರಾನ್ಸಿಯಂ ಎಂಬವು.

ಟೆಕ್ನೀಷಿಯಂ (43)

1937 ರಲ್ಲಿ ಸಿ. ಪೆರ್ರಿಯರ್ ಮತ್ತು ಈ. ಸೆಗ್ರೆ ಎಂಬಿಬ್ಬರು ಸಂಯುಕ್ತ ಸಂಸ್ಥಾನದಿಂದ ಡ್ಯುಟೆರಾನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಗಳಿಂದ ವಿದಾರಿತ ಮೊಲಿಬ್ಡಿನಂನ ಒಂದು ನಮೂನೆಯನ್ನು ಪಡೆದರು. ಮೊಲಿಬ್ಡಿನಂನ ಪರಮಾಣ್ವಂಕ 42. ಇಟಲಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸಿದ ಈ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕೆಳಗೆ ಕಾಣಿಸಿರುವ ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆದಿರಬೇಕೆಂದು ಕಲ್ಪಿಸಿದರು.

42 (n, α) 40,

42 (d, α) 41,

42 (n, γ) 42,

42 (d, n) 43

ಈ ಬೀಜ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ಜರ್ಕೋನಿಯಂ (Zr, 40), ನಿಯೋಬಿಯಂ (Nb, 41), ಮೊಲಿಬ್ಡಿನಂ (Mo, 42) ಅಥವಾ 43ನೇ ಧಾತುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಿರಬೇಕು. ವಿದಾರಿತ ಮೊಲಿಬ್ಡಿನಂನ್ನು 'ದ್ರವರಾಜ' (Aqua-Regia) ದಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಿ ಅದರ ವಿಕಿರಣ ಶೀಲತೆಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ತಿಳಿದು ಬಂದಿದ್ದೇನೆಂದರೆ, ವಿಕಿರಣ ಕಾರಕ ಗುಣವು

Zr, Nb ಅಥವಾ Mo ಗಳಿಂದಾಗಿ ಉಂಟಾಗಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದು ಪ್ರಾಯಶಃ 43ನೇ ಧಾತುವಿನಿಂದ ಉಂಟಾಗಿರಬೇಕು. ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದ 7A ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿದ್ದು ತನ್ನ ಮೇಲ್ಗಡೆ ಈ ಧಾತುವು ಮ್ಯಾಂಗನೀಸನ್ನೂ ಕೆಳಗಡೆ ರೀನಿಯುಮನ್ನೂ ಜೊತೆಗಾರರಾಗಿ ಪಡೆದಿದೆಯೆಂಬುದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು.

ಈ ಧಾತುವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅದನ್ನು ಟೆಕ್ನೀಷಿಯುಂ (Technetium) ಎಂದು ಕರೆದರು (ಗ್ರೀಕ್ ಪದ Technetos ಎಂದರೆ ಕೃತಕ ಎಂದರ್ಥ). ಈ ಧಾತುವಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಕೇತ Tc. ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೂ ಸುಮಾರು 16 ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದೆ. (ಇವು 92ರಿಂದ 108 ರವರೆಗೆ ಭಾರಾಂಕಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ). ಇವೆಲ್ಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ^{97}Tc ಸಮಸ್ಥಾನಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅರ್ಧಾಯಸ್ಸು ಪಡೆದಿದೆ. (2.6×10^6 ವರ್ಷಗಳು). ^{97}Mo ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು (d, 2n) ಕ್ರಿಯೆಗೊಳಪಡಿಸಿ ಇದನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದು.

1939 ರಲ್ಲಿ ಜಿ.ಟಿ.ಸೀಬೊರ್ಗ್ ಮತ್ತು ಸೆಗ್ರೆ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿದ 99Tc ಸಮಸ್ಥಾನಿಯು ಬಹಳ ಆಸಕ್ತಿ ಕೆರಳಿಸಿದೆ. ^{98}Mo ನ್ನು ಮಂದಗಾಮಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಘಟಿಸಿದಾಗ ^{99}Mo ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯು 67 ಗಂಟೆಗಳ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸಿನೊಂದಿಗೆ ಕ್ಷಯಿಸಿ ^{99}Tc ನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ.

$$^{98}_{42}\mathrm{Mo} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{99}_{42}\mathrm{Mo} + \gamma$$

$$^{99}_{42}Mo \xrightarrow[(T\frac{1}{2} = 67\text{ಗಂ.})]{\beta^-} {}^{99}_{43}Tc(T\tfrac{1}{2} = 21 \times 10^5 \text{ ವ.})$$

ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ^{99}Tcನ್ನು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ತಯಾರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ. ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬೇಕಾದರೆ ಯುರೇನಿಯಂ ವಿದಲನೋತ್ಪನ್ನಗಳಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಟೆಕ್ನೀಷಿಯಂ ಧಾತುವು ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಮ್ಯಾಂಗನೀಸ್ ಮತ್ತು ರೀನಿಯಂಗಳನ್ನು ಹೋಲುವುದಾದರೂ, ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಾದೃಶ್ಯ ಕಂಡುಬಂದಿರುವುದು ರೀನಿಯಂನೊಂದಿಗೇ. −1 ರಿಂದ +7 ರವರೆಗೆ ವಿವಿಧ ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ ಟೆಕ್ನೀಷಿಯಂ.

ಪರಿಶುದ್ಧ ಟೆಕ್ನೀಷಿಯಮನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ವಿಧಾನದಿಂದ ತಯಾರಿಸಬಹುದು. ಅಶುದ್ಧ ಟೆಕ್ನೀಷಿಯಮನ್ನು ಹೈಡ್ರೋಕ್ಲೋರಿಕ್ ಆಮ್ಲದ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಿ, ಅದರ ಮೂಲಕ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಸಲ್ಫೈಡ್ ಅನಿಲವನ್ನು ದೀರ್ಘಕಾಲ ಹಾಯಿಸಿದಾಗ ಟೆಕ್ನೀಷಿಯಂ ಸಲ್ಫೈಡ್ ಒತ್ತರಿಸುವುದು. ಇದನ್ನು 1100°C ತಾಪಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿ ಜಲಜನಕ (ಹೈಡ್ರೋಜಿನ್) ಅನಿಲವನ್ನು ಇದರ ಮೂಲಕ ಕಳಿಸಿದಾಗ ಪರಿಶುದ್ಧ ಟೆಕ್ನೀಷಿಯಂ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಟೆಕ್ನೀಷಿಯಂ ಹರಳಿನ ರಚನೆಯು ರೀನಿಯಂ ಹರಳಿನ ರಚನೆಯನ್ನೇ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುವುದು.

ಪ್ರೊಮೇಥಿಯಂ (61)

ಧಾತುಗಳು ಹೊರಸೂಸುವ ವಿಶಿಷ್ಟ ಎಕ್ಸ್‌ರೇಗಳು (ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಗಳು) ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣ್ವಂಕಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಮೋಸ್ಲೆ (Moseley) ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ನಿಯೋಡಿಯಂ ಮತ್ತು ಸಮೇರಿಯಂಗಳ ನಡುವೆ 61ನೇ ಅಂಕದ ವಿರಳ ಮಣ್ಣುಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದ, ಧಾತುವೊಂದು ಇರಲೇಬೇಕೆಂಬ ಅಂಶವು ದೃಢವಾಯಿತು. ಆದರೆ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಸಿಗದ ಈ ಧಾತುವನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ಬಗೆ ಹೇಗೆ? ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಅಮೇರಿಕ ಮತ್ತು ಯುರೋಪುಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆದವು.

ಯುದ್ಧಕಾಲದ ಅಣುಶಕ್ತಿ ಯೋಜನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ನಿರತರಾಗಿದ್ದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಜೆ. ಎ. ಮ್ಯಾರಿನ್‌ಸ್ಕೀ ಮತ್ತು ಎಲ್. ಈ. ಗ್ಲೆನ್ಡೆನಿನ್ ಎಂಬುವರು 61ನೇ ಅಂಕದ ಧಾತುವನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ ಗುರುತಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದರು.

ಯಿಟ್ರಿಯಂ ಮತ್ತು ವಿರಳ ಮಣ್ಣುಗಳ ಧಾತುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ್ದ ವಿದಲನೋತ್ಪನ್ನಗಳ ಒಂದು ಪಾಲಿನಿಂದ ಸೀರಿಯ ಮನ್ನು ಅದರ ಐಯೋಡೇಟ್ ಸಂಯುಕ್ತವಾಗಿ ಒತ್ತರಿಸಿ, ಉಳಿದ ಅಂಶದಿಂದ ಯಿಟ್ರಿಯಂ, ಸಮೇರಿಯಂ ಮತ್ತು ಯುರೋಪಿಯಂ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಕಾರ್ಬೋನೇಟ್ ದ್ರಾವಣ ದೊಂದಿಗೆ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಜೀರ್ಣಿಸಿ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲಾಯಿತು. ಉಳಿದ ಶೇಷದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರಸಿಯೊಡೀಮಿಯಂ,

ನಿಯೊಡೀಮಿಯಂ ಮತ್ತು 61ನೇ ಅಂಕದ ಧಾತುವಿರುವುದು. ಈ ಶೇಷವನ್ನು ಅಯಾನು ವಿನಿಮಯ ಸ್ತಂಭದಲ್ಲಿ (Ion-exchange column) ಆಂಬರ್‌ಲೈಟ್ ರಾಳದ ಮೇಲೆ ಹೀರಿ, ಅನಂತರ ಅಮೋನಿಯಂ ಸಿಟ್ರೇಟ್ ದ್ರಾವಣದಿಂದ (ಆಮ್ಲೀಯ) ಜಾರಿಸಿ ತೆಗೆಯಬೇಕು (Eluate). ಈ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಶೇಖರಿಸಿ, ವಿಕಿರಣ ಶೀಲತೆಯನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದು, ಅದರ ಗಾತ್ರ, ಪ್ರಮಾಣ ಮತ್ತು ವಿಕಿರಣಶೀಲತೆಯ ನಕ್ಷೆ (graph) ಯನ್ನು ರಚಿಸಿದಾಗ, 61ನೇ ಧಾತುವಿನ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಸಿದ್ಧವಾಯಿತು. ಅದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 2.65 ವರ್ಷಗಳೆಂದೂ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಅದು ಬೀಟಾ ಕಣಗಳನ್ನು ಸಿಡಿಸುತ್ತಾ ಕ್ಷಯಿಸುವುದು.

$^{147}_{60}Nd$ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯು 11 ದಿನಗಳ ಬೀಟಾಕ್ಷಯದಿಂದ ಉಂಟು ಮಾಡುವ $147_{(61)}$ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಮೇಲಿನಷ್ಟೇ ಇತ್ತು. ಅದರ ಭಾರಾಂಕವನ್ನು ಭಾರ ರೋಹಿತ ಮಾಪಕದಿಂದ (Mass Spectrometer) ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಯುರೇನಿಯಂ ವಿದಲನೋತ್ಪನ್ನಗಳನ್ನು ಅಯಾನು ವಿನಿಮಯ ವಿಧಾನದಿಂದ ಪೃಥಕ್ಕರಿಸಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ 61ನೇ ಅಂಕದ ಧಾತುವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೂ ಈ ಕೃತಕ ಧಾತುವಿನ 14 ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನು (ಎಲ್ಲವೂ ವಿಕಿರಣಶೀಲ) ಗುರುತಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವು 141 ರಿಂದ 154 ರವರೆಗೆ ವಿವಿಧ ಭಾರಾಂಕಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ.

ಭಾರಾಂಕ 145 ವುಳ್ಳ 61ನೇ ಧಾತುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನಿ ಮಿಕ್ಕೆಲ್ಲ ಜೊತೆಗಾರರಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಪಡೆದಿದೆ. ಅದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಕೇವಲ 18 ವರ್ಷಗಳು. ಆದಕಾರಣ ಅದನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಕಾಣಲಾರೆವು.

61ನೇ ಧಾತುವನ್ನು ಹೆಸರಿಸುವುದರಲ್ಲಿಯೂ ಬಹಳ ವಾದ ವಿವಾದಗಳಿದ್ದವು. ಕೊನೆಗೆ 1949ರಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಒಪ್ಪಿಗೆ ಯಾಗುವಂತಹ ಹೆಸರನ್ನು ಸೂಚಿಸಲಾಯಿತು. ಅದೇ ಹೆಸರು ಈಗಲೂ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿದೆ.

ಮೊದಲು ಸಂಯುಕ್ತ ಸಂಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಇಲ್ಲಿನಿಯಂ (Illinium) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಿದ್ದರು. ಅನಂತರ ಕೆಲವರು ಸೈಕ್ಲೋನಿಯಂ (Cyclonium) ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಸೂಚಿಸಿ ದರು. ಕೊನೆಗೆ ಅದರ ಸಂಶೋಧಕರಾದ ಮ್ಯಾರಿನ್‌ಸ್ಕಿ ಮತ್ತು ಗ್ಲೆನ್ಡೆನಿನ್‌ರವರು ಪ್ರೊಮೇಥಿಯಂ ಎಂಬ ಹೆಸರ ನ್ನಿಟ್ಟರು. ಅದೇ ಖಾಯಂ ಆಯಿತು. ಪುರಾಣದ ಪ್ರಕಾರ ಪ್ರೊಮೆಥಸ್ (Promethus) ಎಂಬ ದೇವತೆಯು ಮಾನವನ ಉಪಯೋಗಕ್ಕಾಗಿ ಸ್ವರ್ಗದಿಂದ ಅಗ್ನಿಯನ್ನು ತಂದನಂತೆ. ಅದೇ ರೀತಿ ವಿದಲನ ಕ್ರಿಯೆಯು ಮಾನವನ ಕಲ್ಯಾಣಕ್ಕಾಗಿ ಪರಮಾಣುಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡಿದೆಯಾದ್ದರಿಂದ ಪ್ರೊಮೇಥಿಯಂ ಎಂಬ ಹೆಸರು ಬರಲು ಕಾರಣವಾಯಿತು. ಅದರ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಕೇತ, Pm.

ಫ್ರಾನ್ಸಿಯಂ (87)

1939 ರಲ್ಲಿ ಪೇರೆ [Perey] ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಆಕ್ಟಿನಿಯಂ-227 ಸಮಸ್ಥಾನಿ ಎರಡು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕ್ಷಯಿಸು

ವುದೆಂದು ತಿಳಿಸಿದಳು. ಅದು β ಕಣವನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತಾ ಕ್ಷಯಿಸುವುದಲ್ಲದೆ a ಕಣವನ್ನು ಸಿಡಿಸುವುದು. a ಕ್ಷಯು ದಿಂದುಂಟಾದ ಹೊಸ ಬೀಜಾಂಶದ ಭಾರಾಂಕ 223 ಮತ್ತು ಪರಮಾಣ್ವಂಕ 87 ಆಗಿರುವುದೆಂದು ಆಕೆ ಸಿದ್ಧ ಪಡಿಸಿದಳು. ಈ ಹೊಸ ಧಾತುರೂಪವನ್ನು ಆಕ್ಟೀನಿಯಂ-K ಎಂದು ಕರೆದರು. ಅನತಿ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೇ ಈ ಧಾತುವಿಗೆ 'ಫ್ರಾನ್ಸಿಯಂ' (Francium) ಎಂಬ ಖಾಯಂ ಹೆಸರು ಬಂದಿತು. ಪೇರೆಯು ಫ್ರಾನ್ಸ್ ಪ್ರಜೆಯಾಗಿದ್ದರಿಂದ ಆಕೆ ತನ್ನ ದೇಶದ ಹೆಸರನ್ನೇ ಇಟ್ಟಳು. ಫ್ರಾನ್ಸಿಯಂನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಕೇತ Fr.

ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವ ^{223}Fr ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನಲ್ಲದೆ 205 ರಿಂದ 224ರವರೆಗೆ ವಿವಿಧ ಭಾರಾಂಕಗಳನ್ನುಳ್ಳ 18 ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನು ಕೃತಕವಾಗಿ ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಫ್ರಾನ್ಸಿಯಂ ಎಲ್ಲ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಂದಲೂ ಕ್ಷಾರಕ ಲೋಹಗಳನ್ನೇ ಹೋಲುವುದು.

ಆಸ್ಟಟೈನ್ (85)

1940 ರಲ್ಲಿ ಸಂಯುಕ್ತ ಸಂಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಡಿ. ಆರ್. ಕೋರ್ಸನ್, ಕೆ. ಆರ್. ಮೆಕೆನ್‌ಜಿ ಮತ್ತು ಸೆಗ್ರೆ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ಧಾತುವನ್ನು ಕೃತಕವಾಗಿ ತಯಾರಿಸಿದರು.

ಬಿಸ್ಮತ್ – 209 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು 32Mev ಶಕ್ತಿಯ ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳಿಂದ ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿದಾಗ, 7.2 ಗಂಟೆಗಳ ಕ್ರಿಯಾ ಶೀಲತೆಯುಳ್ಳ ಒಂದು ಹೊಸ ಧಾತುವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಅದೇ 85ನೇ ಅಂಕದ ಧಾತು,

$$ {}^{209}_{83}Bi + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{211}_{85}At + 2\,{}^{1}_{o}n $$

ಈ ಬೀಜಾಂಶವು ಆರ್ಬಿಟಲ್ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಗ್ರಹಣ [Orbital Electron capture] ದಿಂದ ಕ್ಷಯಿಸಿ ಪೊಲೋನಿಯಂ-211ನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ.

$$ {}^{211}_{85}At + {}^{o}_{-1}e \longrightarrow {}^{211}_{84}Po $$

ಕೃತಕವಾಗಿ ತಯಾರಿಸಲಾದ 85ನೇ ಅಂಕದ ಧಾತುವನ್ನು ಅದರ ಸಂಶೋಧಕರು ಆಸ್ಟಟೈನ್ [Astatine] ಎಂದು ಕರೆದಿದ್ದಾರೆ. ಅದರ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಕೇತ At. ಗ್ರೀಕ್‌ಪದ ಅಸ್ಟಟೋಸ್ [Astatos] ಎಂದರೆ ಅಸ್ಥಿರ ಎಂದರ್ಥ. ಹ್ಯಾಲೋಜಿನ್ ಬಳಗಕ್ಕೆ ಸೇರಿರುವ ಈ ಧಾತುವಿಗೆ ಯಾವುದೇ ಸ್ಥಿರ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಆಸ್ಟಟೈನ್ ಎಂಬ ಹೆಸರು ಬಂದಿತು.

ಈ ಧಾತುವು ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಹ್ಯಾಲೋಜಿನ್ ಧಾತುಗಳನ್ನೇ ಹೋಲುವುದಾದರೂ ಕೆಲವು ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿದೆ. ಹ್ಯಾಲೋಜಿನ್ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಫ್ಲೋರೀನ್‌ನಿಂದ ಐಯೊಡೀನ್‌ವರೆಗೆ ಅವರೋಹಣ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಆಮ್ಲೀಯ ಗುಣವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಬಂದರೆ, ಇವೆಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಗೆ ಇರುವ ಆಸ್ಟಟೈನ್ ಮಾತ್ರ ಹೆಚ್ಚಿನ ಆಮ್ಲೀಯ ಅಥವಾ ಅಲೋಹಿಕ ಗುಣವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ.

ಯುರೇನಿಯಂ (Z=92) ಗಳಿಗೆ ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದಕ್ಕೆ ಇರುವ ಸಾಮ್ಯಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಲ್ಯಾಂಥನಮ್ (Z=57)ಆಚೆಯ 14 ಧಾತುಗಳಾದ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್‌ಗಳಂತೆಯೇ ಯುರೇನಿಯಂ ಅತೀತ ಧಾತುಗಳು "ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಶ್ರೇಣಿ"ಎಂಬ ಹೊಸದೊಂದು ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿವೆಯೆಂದು ಮನವರಿಕೆಯಾದ ನಂತರ ಹೊಸ ಧಾತುಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳು ಹೀಗೆ ಹೀಗೆಯೇ ಇರಬೇಕೆಂಬುದಾಗಿ ಊಹಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಗುಣಲಕ್ಷಣ ಗಳನ್ನು ಸರಿ ಸುಮಾರಾಗಿ ಗೊತ್ತುಮಾಡಿದ ನಂತರ ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದ ಇತರ ಧಾತುಗಳಿಂದ ಕೃತಕ ಧಾತುಗಳ ಸೃಷ್ಟಿ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

1963 ರಷ್ಟೊತ್ತಿಗೆ ಹನ್ನೊಂದು ಯುರೇನಿಯಂ ಆಚೆಯ ಧಾತುಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟವು. ಈ ಪಟ್ಟಿಗೆ ಇಂದು ಇನ್ನೂ ಎರಡು ಹೊಸ ಧಾತುಗಳು ಸೇರಿವೆ. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿರುವ ಹೊಚ್ಚಹೊಸ ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣ್ವಂಕ 105. ಇದಕ್ಕೂ ಮೇಲಿನ ಅಂಕದ ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಧಾತುಗಳನ್ನು ಮುಂದಿನ ಕೆಲವು ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧಿಸಲೂಬಹುದು. ಆದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಅಂಕದ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸುವುದು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಕಷ್ಟ. ಏಕೆಂದರೆ ಭಾರಾಂಕ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗುವ ಧಾತುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಅಸ್ಥಿರವಾಗುತ್ತವೆ. ಪ್ರಾಯಶಃ 110 ನೇ ಅಂಕದ ಧಾತುವೇ ಕೊನೆಯದಾಗಬಹುದು. ಐನ್‌ಸ್ಟೀನಿಯಂವರೆಗಿನ ಧಾತುಗಳಿಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ಥಿರವಾದ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು ಕಂಡುಬಂದಿವೆ. ಆದರೆ

ಐನ್‌ಸ್ಟೀನಿಯಂನ ಆಚೆಗೆ ಅಷ್ಟು ಸ್ಥಿರವಾದ ಧಾತುರೂಪಗಳು ಇದುವರೆವಿಗೂ ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗಿಲ್ಲ.

ಯುರೇನಿಯಂ ಆಚೆಯ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದಕ್ಕೆ ಇರುವ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧ ಹಾಗೂ ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಅವು ಇತರ ಧಾತುಗಳೊಂದಿಗೆ ನಡೆದುಕೊಳ್ಳುವ ರೀತಿನೀತಿಗಳು ಇಂದು ನಮ್ಮ ಬುದ್ಧಿಗೆ ನಿಲುಕುವಂತಾಗಿವೆ. ಈ ಹೊಚ್ಚ ಹೊಸ ಧಾತುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯು ನಿರವಯುವ ರಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ (Inorganic Chemistry) ಪ್ರಮುಖ ಕೊಡುಗೆ ಯಾಗಿದೆಯಲ್ಲದೆ, ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇತ್ತೀಚಿನ ಪುನರುಜ್ಜೀವನ ವನ್ನು ಚಲಪಡಿಸಲು ಮತ್ತು ಮೂಲಭೂತ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರ ಹಾಗೂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಬಹಳ ಸಹಾಯಕ ವಾಗಿದೆ.

7. ಯುರೇನಿಯಂ ಆಚೆಯ ಧಾತುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆ

ಒಂದು ಧಾತುವನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ಧಾತುವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಅಥವಾ ಹೊಸ ಹೊಸ ಧಾತುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಮಾನವನ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಮ್ಮನ್ನು ರಸವಾದಿ (Alchemist)ಗಳ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕೂ ಹಿಂದಿನ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಕೊಂಡೊಯ್ಯುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಯುರೇನಿಯಂನ ಆಚೆಗಿರುವ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸುವ ಪ್ರಪ್ರಥಮ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು 1934ರಲ್ಲಿ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಕಣವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ಸ್ವಲ್ಪ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲೇ, ರೋಮ್ ದೇಶದಲ್ಲಿ ಎನ್ರಿಕೊ ಫೆರ್ಮಿ, ಎಮಿಲೆಯೊ ಸೆಗ್ರೆ ಮತ್ತು ಅವರ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳಿಂದ ಆರಂಭವಾದವು.

ಈ ಸಂಶೋಧಕರು ಯುರೇನಿಯಂ ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ಮಂದಗತಿಯ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಬಲವಾಗಿ ಹೊಡೆದು ಅನೇಕ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿದರು. ಕ್ಷಿಪ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಅಂತಹ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳು ಕಂಡು ಬಂದವು. ಆದರೆ ಅವು ಯುರೇನಿಯಂ ಬೀಜಾಂಶದ ವಿದಲನ ಅಥವಾ ಒಡೆಯುವಿಕೆ (Fission) ಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಗೊತ್ತಿರುವ ಧಾತುಗಳ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳೇ ಆಗಿವೆಯೆಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಿಂದ ಮನದಟ್ಟಾಯಿತು. ಈ ರೀತಿ ಡಜನ್

ಗಟ್ಟಲೆ ಕಂಡುಬಂದ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ಬೀಟಾಕಣದ ವಿಸರ್ಜನೆಯಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದಂಥವು. ಈ ಕೆಳಗೆ ಕಾಣಿಸಿರುವಂತಹ ಬೀಜ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆದವು.

$$^{235}_{92}u + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{140}_{56}Ba + ^{93}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n + \text{ಶಕ್ತಿ}$$

(ಯುರೇನಿಯಂ) + (ನ್ಯೂಟ್ರಾನು) → (ಬೇರಿಯಂ) + (ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್)
+ (ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು)

1938ರ ಡಿಸೆಂಬರ್‌ನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟೋಹಾನ್ (Ottop Hahn) ಮತ್ತು ಎಫ್. ಎಸ್. ಸ್ಟ್ರಾಸ್ಮಾನ್ (F. S. Strosman) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು "ಬೀಜ ವಿದಲನ ಕ್ರಿಯೆ" (Nuclear Fisson Reaction) ಯನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದಂದಿನಿಂದ "ಪರಮಾಣು ಯುಗ" ಪ್ರಾರಂಭವಾಯಿತೆನ್ನಬಹುದು.

1940ರಲ್ಲಿ ಈ. ಎಂ. ಮ್ಯಾಕ್ಮಿಲನ್ (E. M. McMillan) ಎಂಬಾತ ವಿದಲನ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಬಗ್ಗೆ ಕೂಲಂಕುಷ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದ ಪರಿಣಾಮ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲ ಯುರೇನಿಯಂ ಅತೀತ ಧಾತು 'ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ'ನ ಸಂಶೋಧನೆ. ಅನಂತರ ಉಳಿದ ಯುರೇನಿಯಂ ಅತೀತ ಧಾತುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ತರ್ಕಬದ್ಧವಾಗಿ ನಡೆದವು.

ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ (Neptunim) : 1940 ರಲ್ಲಿ ಬರ್ಕ್ಲೀಯಲ್ಲಿರುವ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನಾ ನಿರತರಾಗಿದ್ದ ಈ. ಎಂ. ಮ್ಯಾಕ್ಮಿಲನ್‌ರವರು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಪ್ರೇರಿತ ಯುರೇನಿಯಂ ವಿದಲನ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟುತ್ತಿದ್ದ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಬೀಜಾಂಶಗಳ ತುಣುಕುಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು

ಆಳೆಯುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿದ್ದರು. ವಿದಲನೋತ್ಪನ್ನಗಳನ್ನು ತಡೆಹಿಡಿದು ಶೇಖರಿಸಲು ಅವರು ಒಂದು ಚೂರು ಕಾಗದದ ಮೇಲೆ ತೆಳುವಾಗಿ ಯುರೇನಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡನ್ನು ಲೇಪಿಸಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೊಂಡಂತೆ ಅತಿ ತೆಳುವಾದ ಕೆಲವು ಕಾಗದದ ಗುಚ್ಛಗಳನ್ನಿರಿಸಿದ್ದರು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಬಳಸಲಾದ ಕಾಗದವು ಸಿಗರೇಟನ್ನು ಸುತ್ತಲು ಬಳಸುವ ಸಾಧಾರಣ ದರ್ಜೆಯದು. ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿಯಂ ಪದರದಿಂದ ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟಿ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗದೇ ಅಲ್ಲಿಯೇ ತೊಳಲಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಹೊಸದೊಂದು ವಿಕಿರಣೋತ್ಪನ್ನವು ಕಂಡು ಬಂದಿತು. ಅದು ವಿದಲನಗೊಳ್ಳದೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಕಣಗಳನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿದ ಯುರೇನಿಯಂ-238 ಸಮಸ್ಥಾನಿ ಇರಬೇಕೆಂದು ಮ್ಯಾಕ್ಮಿಲನ್‌ರವರು ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಟ್ಟರು. ಅನಂತರ ಅವರು ಪಿ. ಹೆಚ್. ಅಬೆಲ್ಸನ್ (P. H. Abelson) ರವರೊಂದಿಗೆ ಕೂಡಿಕೊಂಡು ತಮ್ಮ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರೆಸಿದಾಗ, ಆ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುವು ಯು-238 ಆಗಿರದೆ ಹೊಸದೊಂದು ಧಾತುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯಾಗಿರುವುದಾಗಿ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಪರಮಾಣ್ವಂಕ 93 ಮತ್ತು ಭಾರಾಂಕ 239 ವುಳ್ಳ ಹೊಸ ಧಾತುವೇ ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ. ಬೀಟಾಕ್ಷಯದಿಂದಾಗಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಈ ಧಾತು ರೂಪದ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 23.5 ನಿಮಿಷಗಳೆಂದೂ ಗೊತ್ತಾಯಿತು.

$$^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{239}_{92}u + \gamma$$

$$^{239}_{92}U \xrightarrow{\beta^-} {}^{239}_{93}Np \left(T_{\frac{1}{2}} = 23.5 \text{ ನಿ.} \right)$$

ಈ ಬೀಜ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಹ್ರಸ್ವರೂಪದಲ್ಲಿ

$$^{238}U\left(n, \gamma \right)^{239}U$$

ಎಂಬುದಾಗಿ ಬರೆಯಬಹುದು.

ಯುರೇನಿಯುಮನ್ನು ಸಂಘರ್ಷಿಸಲು ಬೇಕಾಗಿದ್ದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಕಣಗಳನ್ನು ಬರ್ಕ್ಲಿಯಲ್ಲಿರುವ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಕ್ರಾಕ್ಕರ್ ರೇಡಿಯೇಷನ್ ಲ್ಯಾಬೊರೆಟರಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಗಿರುವ 60-ಅಂಗುಲದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್ ಸಾಧನದಿಂದ ಪಡೆಯಲಾಯಿತು. ನೆಪ್ಚ್ಯೂನಿಯಂ ಆಚೆಗಿರುವ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ, ಕ್ಯೂರಿಯಂ, ಬರ್ಕೀಲಿಯಂ, ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಂ, ಮೆಂಡಲೀವಿಯಂ, ಇವೇ ಮೊದಲಾದ ಧಾತುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲೂ ಇದೇ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ.

1840ರಲ್ಲಿ ನೆಪ್ಚ್ಯೂನಿಯಂನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸವಾಗಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳಾಗಲಿ ತಿಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ. ಯುರೇನಿಯಂ ಧಾತುವು ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ಲೋಹವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುತ್ತಿದ್ದುದರಿಂದ ಈ ಹೊಸ ಧಾತುವು ರೀನಿಯುಮನ್ನು ಹೋಲುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಲಾಯಿತು. ಏಕೆಂದರೆ ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿಯಂ ನಂತರ ನೆಪ್ಚ್ಯೂನಿಯಂ ಇರುವಂತೆಯೇ ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ನಂತರ ರೀನಿಯಂ ಇದೆ. ಆಮೇಲೆ ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನೆಪ್ಚ್ಯೂನಿಯಂ ಧಾತುವು ಯುರೇನಿಯುಮನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆಯೇ ಹೊರತು ರೀನಿಯುಮ್‌ನಲ್ಲವೆಂದು ಖಚಿತವಾಯಿತು.

ಮೊದ ಮೊದಲು ನೆಪ್ಚೂನಿಯಮನ್ನು ತೂಕಕ್ಕೆ ಸಿಗಬಲ್ಲಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಲಾಗಲಿಲ್ಲ. ಅದರ ಪಥವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮತಮ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಯಿತು.

ತೂಗುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗದಷ್ಟು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವನ್ನು ಟ್ರೇಸರ್ ವಿಧಾನ (Tracer technique) ದಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣೋತ್ಪನ್ನ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲು ಜಡವಾದ ಒಂದು ವಾಹಕ ವಸ್ತು (Carrier) ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಅಧ್ಯಯನ ಕ್ಕೊಳಪಡುವ ವಸ್ತುವು ಸಾಕಷ್ಟು ಪಟುತ್ವ ಪಡೆದಿದ್ದರೆ ಸುಮಾರು 10^{-10} ಗ್ರಾಂ (ಅಂದರೆ ಒಂದು ಸಾವಿರ ಕೋಟಿ ಗ್ರಾಂಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಂಶ) ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಸಹ ಅದರ ಪಥವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಈ ನೂತನ ತಂತ್ರದಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಒಂದು ಧಾತುವಿನ ಕೇವಲ ಒಂದೇ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಕ್ಷಯಿಸುವುದನ್ನೂ ಸಹ ಅದರ ವಿಸರಣವನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾದ ಗಣಕದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅಳೆಯಬಹುದಾದ್ದರಿಂದ ವಸ್ತುವಿನ ಯಾವ ಭಿನ್ನ ಭಿನ್ನ ಚೂರುಗಳಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಬೇಕಾಗಿರುವ ಹೊಸಧಾತುವು ಅಡಗಿದೆ ಯೆಂಬುದನ್ನು ಸುಲಭದಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ವಸ್ತುವಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳನ್ನೂ ತಿಳಿದು ಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ ಎರಡು ವಿಭಿನ್ನ ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು (Oxidation or valence states) ಪಡೆದಿದೆ ಯೆಂಬುದಾಗಿ ಟ್ರೇಸರ್ ವಿಧಾನದಿಂದಲೇ ತಿಳಿಯಲಾಗಿದೆ.

ತೂಕಕ್ಕೆ ಸಿಗಬಲ್ಲ ದೀರ್ಘ ಜೀವಿಯಾದ ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ ತಯಾರಿಕೆಗೆ 1944ನೇ ಇಸವಿ ಅಕ್ಟೋಬರ್

ವರೆಗೆ ಕಾಯಬೇಕಾಯಿತು. ಅದೇ ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಚಿಕಾಗೋ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಲೋಹಶಾಸ್ತ್ರ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಗ್ನುಸನ್ ಮತ್ತು ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ–237 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದರು.

ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕದಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿಯಂ–238 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ ಮೇಲೆ ನಡೆಸಿದ ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ತಯಾರಾದ ಯುರೇನಿಯಂ–237ರ ಬೀಟಾಕ್ಷಯದಿಂದ ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ–237 ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಯಿತು.

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{237}_{92}U + 2\,^{1}_{0}n \left(T\tfrac{1}{2} = 6.8 \text{ ದಿನಗಳು}\right)$$

$$^{237}_{92}U \xrightarrow{\beta-} ^{237}_{93}Np \left(T\tfrac{1}{2} = 2.2 \times 10^{6} \text{ ವರ್ಷಗಳು}\right)$$

ಇದುವರೆಗೂ ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವ ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂನ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಇದು ದೀರ್ಘ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು (22 ಲಕ್ಷ ವರ್ಷ) ಪಡೆದಿದೆ.

ಯುರೇನಸ್ ಗ್ರಹವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಯುರೇನಿಯಂ ಎಂಬ ಹೆಸರು ಬಂದಿತು. 93 ನೇ ಧಾತುವು ಯುರೇನಿಯಂ ನಂತರದ ಮೊದಲ ಧಾತುವಾದ್ದರಿಂದ, ಯುರೇನಸ್ ಗ್ರಹದ ನಂತರ ನೆಪ್ಚೂನ್ ಗ್ರಹವಿರುವುದರಿಂದ, ಈ ಹೊಸ ಧಾತುವಿಗೆ ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ ಎಂದು ನಾಮಕರಣ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ. ಇದುವರೆಗೂ ಒಟ್ಟು ಹನ್ನೊಂದು ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನು (ಭಾರಾಂಕ 231 ರಿಂದ ಭಾರಾಂಕ 241 ರವರೆಗೆ) ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ

ಇದು ಯುರೇನಿಯಂ ಅತೀತ ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡನೆಯದು. 1940ರಲ್ಲಿ ಮಾಕ್ಮಿಲನ್, ಕೆನಡಿ, ವಾಲ್ ಮತ್ತು ಸೀಬೊರ್ಗ್‌ರವರು ಬರ್ಕ್ಲಿಯ 60–ಅಂಗುಲದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್‌ನಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿಯಂ ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ಜಲಜನಕದ ಭಾರವಾದ ಸಮಸ್ಥಾನಿರೂಪವಾದ ಡ್ಯುಟೆರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ಹೊಡೆದಾಗ ಹೊಸದೊಂದು ನೆಪ್ಚ್ಯೂನಿಯಂ–238 ಎಂಬ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಯಿತು. ಇದು β–ಕಣಗಳನ್ನು ಸಿಡಿಸುತ್ತಾ ಹೊಚ್ಚ ಹೊಸದಾದ ಧಾತುವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಯಿತು. ಈ ಹೊಸ ಧಾತು ರೂಪವೇ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ–238.

$$^{238}_{92}\mathrm{U} + ^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow ^{238}_{93}\mathrm{Np} + 2\,^{1}_{0}\mathrm{n}$$

$$^{238}_{93}\mathrm{Np} \xrightarrow{\beta-} ^{238}_{94}\mathrm{Pu} \left(T_{\frac{1}{2}} = 86\cdot4 \text{ ವರ್ಷಗಳು} \right)$$

ಈ ಹೊಸ ಧಾತುವೂ ಎರಡು ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ. ಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ನೆಪ್ಚ್ಯೂನ್ ಗ್ರಹದನಂತರ ಪ್ಲುಟೋ ಗ್ರಹವಿರುವುದರಿಂದ, ನೆಪ್ಚ್ಯೂನಿಯಂ ನಂತರದ ಮೊದಲ ಧಾತುವಿಗೆ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ಎಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟರು.

ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ–239 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ ಅಪ್ರತಿಮ ವಿದಲನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದಿಂದಾಗಿ ಅದನ್ನು U–235 ರಂತೆಯೇ ಅಣುಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ವಸ್ತುವಾಗಿ ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ.

ಯುರೇನಿಯಂ–238 ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು 60–ಅಂಗುಲದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್‌ನಿಂದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಕಣಗಳಿಂದ ಹೊಡೆದಾಗ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ Np–239 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯು β–ಕ್ಷಯಕ್ಕೆ ಗುರಿಯಾಗಿ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ–239ನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡು ವುದು.

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{239}_{92}U + \gamma$$

$$^{239}_{92}U \xrightarrow{\beta\text{-}239} {}_{93}Np \xrightarrow{\beta\text{-}239} {}_{94}Pu \left(T_{\frac{1}{2}} = 24{,}360 \text{ ವರ್ಷ} \right)$$

ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ಸಂಶ್ಲೇಷಿತ ಧಾತುವಿಗಿಂತ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಇಂದು ಪ್ಲುಟೋನಿಯಮನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

ಅಮೆರಿಸಿಯಂ ಮತ್ತು ಕ್ಯೂರಿಯಂ

ಕ್ಯೂರಿಯಂ-242 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು 1944ರಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧಿಸಲಾಯಿತು. Pu-239 ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು 32 Mev ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಹೀಲಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳಿಂದ (*a* ಕಣಗಳಿಂದ) ಘರ್ಷಿಸಿದಾಗ 96ನೇ ಅಂಕದ ಹೊಸಧಾತು ಕ್ಯೂರಿಯಂನ ಉದಯವಾಯಿತು.

$$^{239}_{94}Pu + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{242}_{96}Cm + ^{1}_{0}r \left(T_{\frac{1}{2}} = 162.5 \text{ ದಿನಗಳು} \right)$$

ಇದರ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಯಲ್ಲೂ 60 ಅಂಗುಲದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನನ್ನೇ ಬಳಸಲಾಯಿತು.

1945 ರಲ್ಲಿ 95 ನೇ ಧಾತುವನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ Pu-239 ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಹೊಡೆತಕ್ಕೆ ಗುರಿಪಡಿಸಿದಾಗ ಅಮೆರಿಸಿಯಂ ಧಾತು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಯಿತು.

$$^{239}_{94}Pu + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{240}_{94}Pu + \gamma \quad \left(T_{\frac{1}{2}} = 6580 \text{ ವರ್ಷ} \right)$$

$$^{240}_{94}Pu + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{241}_{94}Pu + \gamma$$

$$^{241}_{94}Pu \xrightarrow{\beta^-} ^{241}_{95}Am + \gamma \quad \left(T_{\frac{1}{2}} = 458 \text{ ವರ್ಷ} \right)$$

95 ಮತ್ತು 96ನೇ ಅಂಕದ ಧಾತುಗಳು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೇ ತೋರಿಸಿದವು.

ಅಮೆರಿಕ ರಾಷ್ಟ್ರದ ನೆನಪಿಗಾಗಿ ಅಮೆರಿಸಿಯಂ ಎಂಬ ಹೆಸರು, ಕ್ಯೂರಿ ದಂಪತಿಗಳ ಜ್ಞಾಪಕಾರ್ಥವಾಗಿ ಕ್ಯೂರಿಯಂ ಎಂಬ ಹೆಸರೂ ಬಳಕೆಗೆ ಬಂದಿವೆ.

ಈ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಹೈಡ್ರಾಕ್ಸೈಡ್ ಸಂಯುಕ್ತರೂಪದಲ್ಲಿ ಪರಿಶುದ್ಧವಾಗಿ ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದೆ. 1945ರಲ್ಲಿ ಅಮೆರಿಸಿಯ

ಮನ್ನೂ, 1947ರಲ್ಲಿ ಕ್ಯೂರಿಯಮನ್ನೂ ಪರಿಶುದ್ಧವಾಗಿ ತಯಾರಿಸಿದರು.

ಬರ್ಕೀಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಂ

ಈ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಅಮೆರಿಸಿಯಂ ಮತ್ತು ಕ್ಯೂರಿಯಂ ಗಳನ್ನೇ ಲಕ್ಷ್ಯ ಬೀಜಾಂಶಗಳಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ತಯಾರಿಸಿದ್ದಾರೆ.

1949ನೇ ಇಸವೀ ಡಿಸೆಂಬರ್ ಮಾಹೆಯಲ್ಲಿ ಥಾಂಸನ್ (Thompson) ಮತ್ತು ಸೀಬೋರ್ಗ್ (Seaborg) ಎಂಬಿಬ್ಬರು ಬರ್ಕ್ಲಿಯ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್‌ನಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದ 35 Mev ಶಕ್ತಿಯ ಹೀಲಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಮಿಲಿಗ್ರಾಂ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದ್ದ ಅಮೆರಿಸಿಯಂ-241 ಬೀಜಾಂಶಕ್ಕೆ ಹೊಡೆದಾಗ 97ನೇ ಧಾತು ಬರ್ಕೀಲಿಯಂ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಯಿತು. ಉತ್ಪಾದಿಸಿದ ಹೊಸ ಧಾತುವಿನ ಮೊದಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ ಭಾರಾಂಕ 243 ಆಗಿತ್ತು. ಇದು ತನ್ನ ಹೊರಗಿನ ಕವಚಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಣಮಾಡಿ ಕ್ಷಯಿಸುವುದು. (ಅರ್ಧಾಯಸ್ಸು 4.5 ಗಂಟೆಗಳು).

$$ {}^{241}_{95}\text{Am} + {}^{4}_{2}\text{He} \longrightarrow {}^{243}_{97}\text{BK} + 2\,{}^{1}_{0}\text{n} \quad (T\tfrac{1}{2} = 4.5 \text{ ಗಂ}) $$

ಅದೇ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಫೆಬ್ರುವರಿ, 1956ರಲ್ಲಿ 98ನೇ ಧಾತುವನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದರು. ಮೈಕ್ರೋಗ್ರಾಂ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ

Cm–242 ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ಹೀಲಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳಿಂದ (35 Mev) ಹೊಡೆದಾಗ ಭಾರಾಂಕ 245ವುಳ್ಳ 98ನೇ ಧಾತುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯು ತಯಾರಾಯಿತು.

$$ {}^{242}_{96}Cm + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{245}_{98}Cf + {}^{1}_{0}n \quad (T\gamma\tfrac{1}{2} = 44 \text{ ನಿಮಿಷ}) $$

ಬರ್ಕ್ಲಿನಗರದ ಹೆಸರು 97ನೇ ಧಾತುವಿನ ನಾಮಧೇಯಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದರೆ, ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಿಂದ 98ನೇ ಧಾತುವಿಗೆ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಂ ಎಂಬ ಹೆಸರು ಬಂದಿತು.

1958ರಲ್ಲಿ ಮೊದಲಬಾರಿಗೆ ಬರ್ಕೀಲಿಯಂ-249 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದ ಕೀರ್ತಿ ಕನ್ನಿಂಗ್ ಹ್ಯಾಮ್ ಮತ್ತು ಥಾಂಸನ್‌ರವರಿಗೆ ಸಲ್ಲಬೇಕು. ಇದೇ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಮನ್ನು ಅದರ ನಾಲ್ಕು ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಾದ Cf-249 –250, -251 ಮತ್ತು -252ಗಳ ಮಿಶ್ರಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಿದರು. ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ-239 ಮತ್ತು ಪರಿವರ್ತಿತ ರೂಪಗಳನ್ನು ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಕಣಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗೆ ಈಡುಮಾಡಿ ಮೇಲಿನ Cf ಧಾತುರೂಪಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಯಿತು.

ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಅಣುವಿಕ ರಚನೆಯನ್ನು (Molecular structure) ಹೊಂದಿದ್ದ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲನೇ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಂ ಸಂಯುಕ್ತವನ್ನು 1960ರಲ್ಲಿ ಕನ್ನಿಂಗ್ ಹ್ಯಾಮ್ ಮತ್ತು ವಾಲ್‌ಮಾನ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಯಾರಿಸಿದರು. ಒಂದು

ಮೈಕ್ರೋಗ್ರಾಂನ ಹತ್ತನೇ ಮೂರು ಭಾಗದಷ್ಟು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಿದ ಆ ಸಂಯುಕ್ತವೇ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಂ-ಆಕ್ಸಿ-ಕ್ಲೋರೈಡ್. ಅದೇ ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಪರಿಶುದ್ಧವಾದ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಮತ್ತು ಟ್ರೈಕ್ಲೋರೈಡ್‌ಗಳನ್ನೂ ನಿರ್ಮಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

1962ರಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲ ಬಾರಿಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅಣುವಿಕ ರಚನೆಯುಳ್ಳ ಬರ್ಕೀಲಿಯಂ ಸಂಯುಕ್ತವನ್ನು ಕನ್ನಿಂಗ್‌ಹ್ಯಾಮ್ ಮತ್ತು ವಾಲ್‌ಮಾನ್‌ರವರೇ ತಯಾರಿಸಿದರು. ಅವರು ತಯಾರಿಸಿದ ಸಂಯುಕ್ತವೇ 0.02 ಮೈಕ್ರೋಗ್ರಾಂ ಅಷ್ಟು ಬರ್ಕೀಲಿಯಂ–ಡೈಆಕ್ಸೈಡ್.

ಐನ್‌ಸ್ಟೀನಿಯಂ ಮತ್ತು ಫರ್ಮಿಯಂ

ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಊಹಿಸಲಶಕ್ಯವಾದಂಥ ಕಾರ್ಯಗಳು ಕೆಲವು ಬಾರಿ ನಡೆಯುತ್ತವೆಂಬುದಕ್ಕೆ ಉತ್ತಮ ದೃಷ್ಟಾಂತ, 99 ಮತ್ತು 100ನೇ ಅಂಕದ ಧಾತುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆ. 1952ನೇ ಇಸವಿಯ ನವಂಬರ್ 1ರಂದು ಫೆಸಿಫಿಕ್‌ನಲ್ಲಿ ಉಂಟಾದ ತಾಪ ತಪ್ತ ಬೀಜಸ್ಫೋಟದ ಭಗ್ನಾವಶೇಷಗಳಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿಯಂ ಮೇಲಿನ 7 ಮತ್ತು 8ನೇ ಧಾತುಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟವು ಎಂದರೆ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಆಶ್ಚರ್ಯ ಸಂಗತಿ ಮತ್ತೇನಿದೆ? ಆಸ್ಫೋಟನೆಯ ಭಗ್ನಾವಶೇಷವನ್ನು ಸೋಸುವ ಕಾಗದ (Filter Paper) ಗಳಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಿ ವಿಮಾನಗಳ ಮೂಲಕ ಮೇಘಮಾರ್ಗವಾಗಿ ಸಂಯುಕ್ತಸಂಸ್ಥಾನಗಳ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಗಳಿಗೆ ಪರೀಕ್ಷೆಗಾಗಿ ಕೊಂಡೊಯ್ಯಲಾಯಿತು.

ಚಿಕಾಗೋದಲ್ಲಿನ ಆರ್ಗಾನ್ ನ್ಯಾಷನಲ್ ಲ್ಯಾಬೊರೇಟರಿ ಮತ್ತು ಕಾಲಿಫೋರ್ನಿಯ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಲಾಸ್ ಆಲ್ಮಾಸ್ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಿಂದ 244Pu ಮತ್ತು 246Pu ಭಾರತರ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು ಭಗ್ನಾವ ಶೇಷಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರಬೇಕೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಯಿತು. ಆದರೆ ಆಗ ಗೊತ್ತಿದ್ದ ಅತ್ಯಂತ ಭಾರವಾದ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ಸಮ ಸ್ಥಾನಿಯೆಂದರೆ 243Pu. ಆದ್ದರಿಂದ ತನಗೆ ಅವಶ್ಯವಿರು ವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹಿಡಿದು ಕೊಂಡಿರುವ ಕಾರಣ ಇವೆರಡು ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಲಿ ಫೋರ್ನಿಯಂಗೆ ಮೇಲಿನ ಕೆಲವು ಹೊಸ ಧಾತುಗಳಿರಬೇಕೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಯಿತು. ಅವುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳೂ ನಡೆದವು. ಇದರಿಂದ 99 ಮತ್ತು 100ನೇ ಧಾತುಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಬೆಳಕಿಗೆ ಬಂದಿತು.

22 ದಿನಗಳ ಚಟುವಟಿಕೆಯಿಂದ ಆಲ್ಫಾ ಕಣಗಳನ್ನು ಸಿಡಿಸುತ್ತಾ 6.6 Mev ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆಮಾಡುವ ಸಮ ಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು 99ನೇ ಧಾತುವಿನ ರೂಪವೆಂದು ಗುರುತಿಸ ಲಾಯಿತು. ಇದರ ಭಾರಾಂಕ 253. 7.1 Mev ಶಕ್ತಿಯ ಬಿಡುಗಡೆಯೊಂದಿಗೆ α ಕಣಗಳನ್ನು ಸಿಡಿಸುವ 22ಗಂಟೆ ಗಳಷ್ಟು ಅರ್ಧಾಯಸ್ಸುಳ್ಳ ಪರಮಾಣು ರೂಪವನ್ನು 100ನೇ ಧಾತುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯೆಂದು ಗುರುತಿಸಲಾಯಿತು.ಇದರ ಭಾರಾಂಕ 255.

ಮೆಂಡೆಲಿವೀಯಂ

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಯುರೇನಿಯಂ ಅತೀತ ಧಾತು ಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲೂ ತೂಕಕ್ಕೆ ಸಿಗುವಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ

ಲಕ್ಷ್ಯ ವಸ್ತುವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದರೆ, ಈ ಧಾತುವಿನ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಗೆ ತೂಗಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಷ್ಟು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣ ದಲ್ಲಿ ಲಕ್ಷ್ಯ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಯಿತು. ಇದರ ತಯಾ ರಿಕೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಮೂಲ ಪರಮಾಣು ಐನ್‌ಸ್ಟೀನಿಯಂ –253. ಅದು ಲಭ್ಯವಾಗಿದ್ದ ಪ್ರಮಾಣ ಬಹಳ ಅಲ್ಪ. (ಒಂದು ಬಿಲಿಯನ್ ಅಥವಾ 10^9 ಪರಮಾಣುಗಳು). 101ನೇ ಧಾತುವಿನ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೀನಿಯಂನ 10^9 ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸುವುದು ಹೇಗೆ? ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಪರಿಹಾರ ಸಿಕ್ಕಿದೆ. ಅಯಾನು ವಿನಿಮಯ ವಿಧಾನ (Ion-exchange Method) ವೆಂಬ ಹೊಸ ತಂತ್ರದಿಂದ ಈ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಬಹುದು. ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನಿಯಮನ್ನು ಚಿನ್ನದ ತಗಡಿನ ಮೇಲೆ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಗೋಚರಿಸದಷ್ಟು ಅತಿ ತೆಳುವಾದ ಪದರದಂತೆ ಲೇಪಿಸಿ ತಗಡಿನ ಇನ್ನೊಂದು ಪಾರ್ಶ್ವದಿಂದ ಹೀಲಿಯಂ ಅಯಾನು ರಶ್ಮಿಯನ್ನು ಕಳಿಸಿದಾಗ 101ನೇ ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಯಾಗುತ್ತವೆ. ಚಿನ್ನದ ತಗಡಿನಿಂದ ತಳ್ಳಲ್ಪಡುವ ಈ ಉತ್ಪನ್ನ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಹಿಡಿಯಲು ಅವಕ್ಕೆ ಎದುರಾಗಿ ಇನ್ನೊಂದು ಚಿನ್ನದ ತಗಡನ್ನು ಇರಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಈ ರೀತಿ ಹೊಸ ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೀನಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಬೇರ್ಪ ಡಿಸಿ ಪಡೆಯಬಹುದು.

$$ {}^{253}_{99}Es + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{256}_{101}Md + {}^{1}_{0}n \left(T_{\frac{1}{2}} = 1.5 \text{ ಗಂಟೆ} \right) $$

$$^{256}_{101}Md \rightarrow {}^{256}_{100}Fm \left(T_{\frac{1}{2}} = 160 \text{ ನಿಮಿಷಗಳು} \right)$$

$$^{256}_{100}Fm \rightarrow \text{ಸ್ವಪ್ರವರ್ತಿತ ವಿದಲನ ಕ್ರಿಯೆ}$$

ನೊಬಿಲಿಯಂ

1957ರಲ್ಲಿ ಅಮೆರಿಕದ ಆರ್ಗಾನ್ ರೀಸರ್ಚ್ ಲ್ಯಾಬೊರೆಟರಿ, ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನ ಅಟಾಮಿಕ್ ಎನರ್ಜಿ ರೀಸರ್ಚ್ ಎಸ್ಟಾಬ್ಲಿಷ್ಮೆಂಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ವೀಡನ್ನಿನ ನೊಬೆಲ್ ಇನ್ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಫಿಸಿಕ್ಸ್‌ಗಳಿಗೆ ಸೇರಿದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು 102ನೇ ಧಾತುವಿನ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಬಯಲಿಗೆಳೆದಿರುವುದಾಗಿ ಘೋಷಿಸಿದರು.

ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್‌ನಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದ ಇಂಗಾಲ –13 $\left(^{13}_{6}C\right)$ಅಯಾನುಗಳಿಂದ 244_{Cm} ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ಒಂದೇ ಸಮನೆ ಬಡಿದು 102ನೇ ಧಾತುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದರು. 8.5 Mev ಶಕ್ತಿಯ ಬಿಡುಗಡೆಯೊಂದಿಗೆ α–ಕಣಗಳನ್ನು ಸಿಡಿಸುವ ಈ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಕೇವಲ 10 ನಿಮಿಷಗಳಾಗಿತ್ತು. ಆಲ್ಫ್ರೆಡ್ ನೊಬೆಲ್‌ರವರ ಸ್ಮರಣಾರ್ಥವಾಗಿ ಈ ಹೊಸ ಧಾತುವಿಗೆ ನೊಬಿಲಿಯಂ ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರು.

1958 ರಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನೊಬಿಲಿಯಂ – 254 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಿರುವುದಾಗಿ ಹೇಳಿಕೊಂಡರು. ಅವರು 246_{Cm}

ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ಇಂಗಾಲ – 13 ಅಯಾನುಗಳಿಂದ ಸಂಘಟಿಸಿ ಈ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದರು.

$$ {}^{246}_{96}Cm + {}^{12}_{6}C \rightarrow {}^{254}_{102}No + 4\,{}^{1}_{0}n $$

$$ {}^{254}_{102}No \rightarrow {}^{250}_{100}Fm + {}^{4}_{2}He $$

$$ \left(T_{\frac{1}{2}} = 3 \text{ ಸೆಕೆಂಡುಗಳು} \right) $$

ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂ

1961ರಲ್ಲಿ 103ನೇ ಧಾತುವನ್ನು ಸಂಶೋಧಿಸಿದರು. 3 ಮೈಕ್ರೋಗ್ರಾಂಗಳಷ್ಟು ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಂ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ನಿಯತಕಾಲಿಕವಾಗಿ ಬೋರಾನ್–10 ಮತ್ತು ಬೋರಾನ್–11ಗಳಂಥ ಭಾರತರ ಅಯಾನುರಶ್ಮಿಗಳಿಂದ ಹೊಡೆಯುತ್ತಾ ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂ–257 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಯಿತು.

$$ {}^{252}_{98}Cf + {}^{11}_{5}B \rightarrow {}^{257}_{103}Lw + 6\,{}^{1}_{0}n \left(T_{\frac{1}{2}} = 8 \text{ ಸೆಕೆಂಡು} \right) $$

$$ {}^{252}_{98}Cf + {}^{10}_{5}B \rightarrow {}^{257}_{103}Lw + 5\,{}^{1}_{0}n $$

ಲಕ್ಷ್ಯ ಬೀಜಾಂಶದಿಂದ ವಿಕರ್ಷಿತವಾಗುವ ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲದ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಪ್ರವೇಶಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಸ್ಥಿರ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿ ತಾಮ್ರ ಲೇಪಿತ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಟೇಪಿನ ಮೇಲೆ ಶೇಖರಿಸಬಹುದು.

ಭಾರಾಂಕ 257ವುಳ್ಳ ಈ ಹೊಸಧಾತುವು 8.6Mev ಶಕ್ತಿಯ α-ಕಣಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತಾ ಕ್ಷಯಿಸುವುದು. ಇದರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು ಕೇವಲ 8 ಸೆಕೆಂಡುಗಳು. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದರ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ ಅಸಾಧ್ಯವೆನಿಸಿದೆ.

104 ನೇ ಧಾತು (ಕುರ್ಚಟೋವಿಯಂ)

1965ನೇ ಆಗಸ್ಟ್‌ನಲ್ಲಿ ರಷ್ಯದ ಡುಬ್ನಾದಲ್ಲಿರುವ ಬೀಜೀಯ ಸಂಶೋಧನಾ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ (Nuclear Research Laboratory) ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸಿದ್ದ ಜಿ. ಎನ್. ಫ್ಲೆರೋವ್ ಮತ್ತು ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು 104ನೇ ಧಾತುವನ್ನು ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಿರುವುದಾಗಿ ಹೇಳಿಕೊಂಡರು.

ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ – 242 ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ನಿಯಾನ್ – 22 ಅಯಾನುಗಳಿಂದ ಘರ್ಷಿಸಿದಾಗ 260 ಭಾರಾಂಕವುಳ್ಳ 104ನೇ ಧಾತುವಿನ ಸಮಸ್ಥಾನಿ ತಯಾರಾಯಿತು.

$$^{242}_{94}Pu + {}^{22}_{10}Ne \rightarrow {}^{260}(104) + 4\,{}^{1}_{0}n$$

0.3 ಸೆಕೆಂಡು ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸುಳ್ಳ ಈ ಹೊಸ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯು ಸ್ವಪ್ರವರ್ತಿತ ವಿದಲನದಿಂದ ಕ್ಷಯಿಸುವುದು. ಈ ಹೊಸ ಧಾತುವಿನ ಕ್ಲೋರೈಡು ಸಂಯುಕ್ತವು ಯುರೇನಿಯಂ

ಮೇಲಿನ ಇತರೆ ಧಾತುಗಳ ಕ್ಲೋರೈಡುಗಳಿಗಿಂತ ಬೇಗ ಆವಿಯಾಗುವುದು. ರಷ್ಯದ ಅಣುಶಕ್ತಿ ಆಯೋಗದ ನಿರ್ದೇಶಕರಾದ ಐ. ವಿ. ಕುರ್ಚಟೋವ್‌ರವರ ಜ್ಞಾಪಕಾರ್ಥವಾಗಿ ಈ ಹೊಸ ಸಂಶ್ಲೇಷಿತ ಧಾತುವಿಗೆ "ಕುರ್ಚಟೋವಿಯಂ" ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಇದರ ಸಂಕೇತ Ku.

105 ನೇ ಧಾತು

ಬರ್ಕ್ಲಿಯಲ್ಲಿರುವ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಲಾರೆನ್ಸ್ ರೇಡಿಯೇಷನ್ ಲ್ಯಾಬೊರೆಟರಿಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು 105 ನೇ ಧಾತುವನ್ನು ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಿರುವುದಾಗಿ 1970 ರ ಏಪ್ರಿಲ್‌ನಲ್ಲಿ ಘೋಷಿಸಿದರು. ಈ ಧಾತುವನ್ನು ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಿದವರು ಡಾ॥ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಗಿಯಾರ್ಸೊ (Dr. Albert Ghiorso) ಮತ್ತು ಅವರ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು. 249_{Cf} ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ಸಾರಜನಕ–17 (17_N) ಅಯಾನುಗಳಿಂದ ಸಂಘಟಿಸಿ ಈ ಹೊಸ ಧಾತುವನ್ನು ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಿದರು. 17_N ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲು ಅವರು ಭಾರ ಅಯಾನು ರೇಖಾ ವೇಗವರ್ಧಕ ಅಥವಾ ಹಿಲಾಕ್ (Heavy-ion linear accelerator or Hilac) ಯಂತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರು. 60 ಮೈಕ್ರೋಗ್ರಾಂ 249_{Cf} ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೊಸ ಧಾತುವಿನ "ಕೆಲವು ನೂರು" ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದರು.

$$^{249}_{98}Cf + {}^{15}_{7}N \rightarrow {}^{260}_{105}Ha + 4\,{}^{1}_{0}n$$

ಹಾನಿಯಂ–260 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು $1 \cdot 6 \pm 0 \cdot 3$ ಸೆಕೆಂಡುಗಳು ಅದು 9·1 Mev ಶಕ್ತಿಯ a– ಕಣಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆಯೊಂದಿಗೆ ಕ್ಷಯಿಸಿ ^{250}Lwನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ.

ದಿವಂಗತ ಒಟ್ಟೊ ಹಾನ್ (Otto Hahn) ರವರ ಸವಿ ನೆನಪಿಗಾಗಿ ಈ ಹೊಸ ಧಾತುವಿಗೆ ಹಾನಿಯಂ ಎಂಬ ಹೆಸರು ಬಂದಿದೆ. ಅದರ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಕೇತ Ha.

8. ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿಯಂ ಆಚೆಯ ಧಾತುಗಳ ಸ್ಥಾನ

18 ನೇ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಡಜನ್ ಹೊಸ ರಾಸಾಯನಿಕ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಸಂಶೋಧಿಸಲಾಯಿತು. 19 ನೇ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಸುಮಾರು 60 ಧಾತುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಯಿತು. ಅದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ರಷ್ಯದೇಶದ ಪ್ರಬುದ್ಧ ರಾಸಾಯನಿಕ ತಜ್ಞ ಮೆಂಡೆಲಿಫ್ ಎಂಬಾತ ಈ ಎಲ್ಲಾ ಧಾತುಗಳ ಗುಣಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಕೂಡಿಸಿ ಒಂದು ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನು ರಚಿಸಿದನು. ಈ ಪಟ್ಟಿಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಆಗಿನ್ನೂ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯದೇ ಇದ್ದ ಹಲಕೆಲವು ಧಾತುಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳು ಮತ್ತಿತರ ವಿಷಯಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಭವಿಷ್ಯ ನುಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯ ವಾಯಿತು. ಅನಂತರ ಬಹು ಕ್ಷಿಪ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನು ವಿಸ್ತರಿಸಿ ಸುಮಾರು 90 ಧಾತುಗಳ ಸ್ಥಾನ ಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರು. ಈ ಶತಮಾನದ ಮೂರನೇ ದಶಕದ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಕೇವಲ ನಾಲ್ಕು ಧಾತುಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟು (43, 61, 85, ಮತ್ತು 87 ನೇ ಅಂಕದ ಧಾತುಗಳು) 92 ನೇ ಪರಮಾಣ್ವಂಕದವರೆಗೆ ಉಳಿದೆಲ್ಲಾ ಧಾತುಗಳನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯ ಲಾಯಿತು. 43, 61, 85 ಮತ್ತು 87 ನೇ ಅಂಕದ ಧಾತು ಗಳನ್ನು ಕ್ರಮೇಣ ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಅವುಗಳನ್ನು ಟೆಕ್ನೀಷಿಯಂ,

ಪ್ರೊಮೀಥಿಯಂ, ಆಸ್ಟಟೈನ್ ಮತ್ತು ಫ್ರಾನ್ಸಿಯಂ ಗಳೆಂಬುದಾಗಿ ಕರೆದರು.

ಅತಿಭಾರವಾದ ಹೊಸಧಾತುಗಳ ಗುಂಪೊಂದು ಸೃಷ್ಟಿ ಯಾದಾಗ ಆ ಶ್ರೇಣಿಯ ಧಾತುಗಳಿಗೆ ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕ ದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಸ್ಥಾನ ನೀಡಬೇಕೆಂಬುದರ ಬಗ್ಗೆ ಭಿನ್ನಾಭಿಪ್ರಾ ಯಗಳು ಕಂಡುಬಂದವು. ಆದರೆ ಅವೆಲ್ಲವೂ ಒಳಕವಚಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಭರ್ತಿಯಾದುದರಿಂದ ತಯಾರಾದ ಧಾತುಗಳ ಶ್ರೇಣಿಗೆ ಸೇರಿವೆಯೆಂಬುದು ದೃಢವಾದ ಮೇಲೆ ಈ ಹೊಸ ಶ್ರೇಣಿಯೂ "ವಿರಳ ಮಣ್ಣುಗಳು" ಅಥವಾ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಹೋಲುವುವೆಂದು ಭಾವಿಸ ಲಾಯಿತು. ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಮವಾಗಿ 4f ಕವಚಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಪ್ರವೇಶಿಸಿದರೆ, ಈ ಹೊಸ ಶ್ರೇಣಿಯ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ 5f ಕವಚಗಳು ಭರ್ತಿಯಾಗುವುವು.

1920 ರಲ್ಲಿ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಶ್ರೇಣಿಯ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಈಗಿರುವಂತೆಯೇ ಬೇರಿಯಂ ಮತ್ತು ಹಾಫ್‌ನಿಯಂಗಳ ನಡುವೆ ಕೂಡಿಸಿದರು. ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ಭಾರವಾದ ನೈಸರ್ಗಿಕ ಧಾತುಗಳಾದ ಥೋರಿಯಂ, ಪ್ರೊಟಾಕ್ಟಿನಿಯಂ ಮತ್ತು ಯುರೇನಿಯಂಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಹಾಫ್‌ನಿಯಂ, ಟ್ಯಾಂಟಲಂ ಮತ್ತು ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಹೋಲುವುವೆಂದು ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಭಾವಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಯುರೇನಿಯಂ ಅತೀತ ಮೊದಲ ಧಾತುವು ರೀನಿಯಂ ಧಾತುವಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಲಕ್ಷಣ ಗಳನ್ನೇ ಪಡೆದಿರಬೇಕೆಂದು ನಂಬಲಾಗಿತ್ತು.

ಯುರೇನಿಯಂ ಆಚೆಯ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ಮೊದಲ ಪ್ರಯತ್ನಗಳನ್ನು ಫರ್ಮಿ, ಸೆಗ್ರೆ ಮತ್ತು ಅವರ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು, 1934 ರಲ್ಲಿ, ಯುರೇನಿಯಮನ್ನು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ನಡೆಸಿದರು. ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಅವರು ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಉತ್ಪನ್ನಗಳನ್ನು ಕಂಡರು. ಮುಂದಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಹಾನ್, ಮೈಟ್ನರ್, ಸ್ಟ್ರಾಸ್ಮಾನ್ ಮೊದಲಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಉತ್ಪನ್ನಗಳನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕ ಪರೀಕ್ಷೆಗೊಳಪಡಿಸಿದರು. ಕೆಲವು ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ಓಸ್ಮಿಯಂ ಮತ್ತು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಲೋಹಗಳ ಗುಣಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದವು. ಇದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ತಪ್ಪಾಗಿ ತಿಳಿಯಲಾಯಿತು. 1938ರಲ್ಲಿ ಹಾನ್, ಸ್ಟ್ರಾಸ್ಮಾನ್ ಮೊದಲಾದವರು ಬೀಜವಿದಲನಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ಮೇಲೆ ಮೇಲಿನ ಅಭಿಪ್ರಾಯ ತಪ್ಪು ಎಂಬುದಾಗಿ ತಿಳಿಯಿತು. ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆದ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಾಗಿ ಯುರೇನಿಯಂ ಸಂಘಟನೆಯಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ವಿಕಿರಣಶೀಲವಸ್ತುಗಳು ಹಗುರ ಧಾತುಗಳಾದ ಬೇರಿಯಂ, ಲ್ಯಾಂಥನಂ, ಐಯೋಡೀನ್, ಮೊಲಿಬ್ಡಿನಂ ಮೊದಲಾದವುಗಳ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳೆಂದು ಸ್ಥಿರವಾಯಿತು.

ಯುರೇನಿಯಂ ಆಚೆಯ ಧಾತುವಿನ ಸಂಶೋಧನೆ, 1940 ರಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್ಮಿಲನ್ ಮತ್ತು ಅಬೇಲ್ಸನ್‌ರವರ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ ಮತ್ತು ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ಗಳನ್ನು ಮೊದಲು ಸಂಶೋಧಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಟ್ರೇಸರ್ ವಿಧಾನದಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಅವು ಯುರೇನಿಯಂನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೇ ತೋರಿಸಿದವು.

ಆದರೆ ರೀನಿಯಂ ಮತ್ತು ಓಸ್ಮಿಯುಂ ಗಳನ್ನು ಹೋಲಲಿಲ್ಲ. 95 ಮತ್ತು 96 ನೇ ಅಂಕದ ಧಾತುಗಳೂ ಯುರೇನಿಯಂ ಸಾದೃಶ ಗುಣಗಳನ್ನೇ ಪಡೆದಿರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ನಾಲ್ಕು ಧಾತುಗಳು (93, 94, 95, ಮತ್ತು 96) ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕ ದಲ್ಲಿ "ಯುರೆನೈಡ್" ಎಂಬ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದ ಗುಂಪನ್ನು ಪ್ರತಿ ನಿಧಿಸುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಭಾವನೆಯೂ ತಪ್ಪೆಂದು ತಿಳಿಯಿತಲ್ಲದೇ ಅದೇ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ 95 ಮತ್ತು 96 ನೇ ಧಾತುಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದಾಗ ಫಲ ದೊರೆಯಲಿಲ್ಲ.

ಆಕ್ಟಿನಿಯಂ ಆಚೆಯ ಎಲ್ಲಾ ಭಾರಲೋಹಗಳನ್ನೂ ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ತಪ್ಪುತಪ್ಪಾದ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸ ಲಾಗಿದೆಯೆಂದು ಸೀಬೊರ್ಗ್‌ರವರು 1944 ರಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿದರು. ಅವರು ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಈ ಹೊಸ ಧಾತುಗಳಿಗೆ ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಸರಿಯಾದ ಸ್ಥಾನಮಾನ ಲಭಿಸಿತು. ವಿರಳ ಮಣ್ಣುಗಳಿಗಿರುವಂತೆಯೇ ಈ ಹೊಸ ಧಾತುಗಳಿಗೂ ಎರಡನೇ ಶ್ರೇಣಿಯೊಂದು ಇರಬೇಕು. ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಧಾತುಗಳು ರಾಸಾಯನಿಕವಾಗಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದ ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಅಂಗವಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ಬರೆಯ ಲಾಗಿದೆ. ಅಂದರೆ ಆಕ್ಟಿನಿಯಂ ($Z=89$) ನಂತರದ ಎಲ್ಲಾ ಧಾತುಗಳೂ ಆಕ್ಟಿನಿಯಂನೊಂದಿಗೆ ಸೇರಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಶ್ರೇಣಿ ಯಾಗಿರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನು ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿ "ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಶ್ರೇಣಿ" ಎಂಬ ಹೊಸದೊಂದು ಶ್ರೇಣಿಯನ್ನು ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಪಟ್ಟಿಯ ಕೆಳಗೆ ಆವರ್ತನ

ಕೋಷ್ಟಕದ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗವಾಗಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ 103ನೇ ಪರಮಾಣ್ವಂಕದವರೆಗಿನ ಧಾತುಗಳು ಮಾತ್ರ ಇವೆ. 104, 105 ಮತ್ತು 106 ಇವೇ ಮೊದಲಾದ ಅಂಕಗಳ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಹಾಫ್ನಿಯಂ, ಟ್ಯಾಂಟಲಂ ಮತ್ತು ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ಇವೇ ಮೊದಲಾದ ಧಾತುಗಳ ಕೆಳಗೆ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಕೂಡಿಸಬೇಕು.

ಆಕ್ಟಿನೈಡು ಧಾತುಗಳು (89 ರಿಂದ 103 ನೇ ಅಂಕದ ವರೆಗಿನ ಧಾತುಗಳು) ತಮ್ಮ ತಮ್ಮಲ್ಲೇ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುವುವಲ್ಲದೆ, ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಪಡೆದಿವೆ.

9. ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಮೂಲ

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಗುಂಪಿನ ಮೊದಲ ಆರು ಧಾತುಗಳು (ಆಕ್ಟೀನಿಯಂ, ಥೋರಿಯಂ, ಪ್ರೊಟಾಕ್ಟೀನಿಯಂ ಯುರೇನಿಯಂ, ನೆಪ್ಚ್ಯೂನಿಯಂ ಮತ್ತು ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ) ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಲಭಿಸುತ್ತವೆ. ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಯುರೇನಿಯಂನ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯಾದ ಯುರೇನಿಯಂ–235 ಕ್ಷಯಿಸುವುದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಆಕ್ಟೀನಿಯಂ ಮತ್ತು ಪ್ರೊಟಾಕ್ಟೀನಿಯಂಗಳು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿಯಂ ಖನಿಜಗಳಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ಮೂಲಗಳಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು ಹೊರತೆಗೆಯುವುದು ಕೃತಕ ಸಂಶ್ಲೇಷಣಾ ವಿಧಾನಗಳಿಗಿಂತ ಪ್ರಯಾಸಕರ. ಯುರೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಥೋರಿಯಂಗಳು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಪದರದಲ್ಲಿ ಇತರ ಧಾತುಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಯುಕ್ತ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹರಡಿವೆ. ಸಾಗರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಾಕಷ್ಟು ಅಂಶ ಯುರೇನಿಯಂ ಇದೆ. ಇವೆರಡು ಧಾತುಗಳು ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಯಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವೆನಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಅದುರುಗಳಿಂದ ಅವನ್ನು ಹೊರತೆಗೆಯುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದಿವೆ, ಫಲಪ್ರದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೂ ಕಂಡು ಬಂದಿವೆ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗ್ರಹಣ ಕ್ರಿಯೆಯ ಫಲವಾಗಿ ನೆಪ್ಚ್ಯೂನಿಯಂ ಮತ್ತು ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂಗಳೂ ಯುರೇನಿಯಂ ಅದುರುಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿ

ಕೊಂಡಿವೆ. ಆದರೆ ಅವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿವೆಯಾದ್ದರಿಂದ ಅವನ್ನು ಹೊರತೆಗೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ.

ಯುರೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಥೋರಿಯಂ ಧಾತುಗಳು ಶುಕ್ರ ಗ್ರಹದ ಮೇಲೆ ಕಂಡು ಬಂದಿವೆ. ಸೋವಿಯತ್ ಸ್ವತಶ್ಚಲಿ "ವೀನಸ್–8" ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆಯು ಶುಕ್ರನ ಶಿಲೆಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಅಲ್ಲಿ ಇಂಥ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಧಾತುಗಳು ಭೂಮಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಇರುವುದು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ.

ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಯುರೇನಿಯಂ ಅತೀತ ಧಾತುಗಳು ಇರಬಹುದೆಂದು ಕೆಲವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಡುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕಿನ್ನೂ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಪ್ರಮಾಣ ದೊರೆತಿಲ್ಲ.

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಭಾರಾಂಕಗಳನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಸುವುದು ಇಂದು ಅವಶ್ಯವಾಗಿದೆ. ಎಲ್ಲಾ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳಿಗೂ ಹಲವಾರು ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಿವೆ. ಕರಾರುವಾಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ಐಸೋಟೋಪಿನ ಅಥವಾ ಒಂದು ಐಸೋಟೋಪು ಮಿಶ್ರಣದ ಭಾರಾಂಕವನ್ನು ಗೊತ್ತುಪಡಿಸಬೇಕು. ಈ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳು ದೊರಕುವ ಪ್ರಮಾಣ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಅರ್ಧಾಯಸ್ಸುಗಳನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ಭಾರಾಂಕವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸ ಬಹುದು.

ಎಲ್ಲಾ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಭಾರಾಂಕಗಳನ್ನೂ ಗೊತ್ತು ಪಡಿಸಿ ಒಂದು ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಆ ಪಟ್ಟಿಯು ಕೆಳಕಂಡಂತಿದೆ.

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತು	ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಕೇತ	ಪರ ಮಾಣ್ವಂಕ	ಭಾರಾಂಕ
ಆಕ್ಟೀನಿಯಂ	Ac	89	227
ಥೋರಿಯಂ	Th	90	232
ಪ್ರೊಟಾಕ್ಟೀನಿಯಂ	Pa	91	231
ಯುರೇನಿಯಂ	U	92	238
ನೆಪ್ಚ್ಯೂನಿಯಂ	Np	93	237
ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ	Pu	94	242
ಅಮೆರಿಸಿಯಂ	Am	95	243
ಕ್ಯೂರಿಯಂ	Cm	96	248
ಬರ್ಕೀಲಿಯಂ	Bk	97	249
ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಂ	Cf	98	249
ಐನ್‌ಸ್ಟೀನಿಯಂ	Es	99	254
ಫರ್ಮಿಯಂ	Fm	100	253
ಮೆಂಡೆಲೀವಿಯಂ	Md	101	256
ನೊಬಿಲಿಯಂ	Nb	102	254
ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂ	Lw	103	257

10. ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆ

ಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣ್ವಂಕಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ಈ ಮುಂದೆ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಆಕ್ಟೀನಿಯಂ

ರೇಡಿಯಂ -226 ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಸಂವಿಸರಣ (Neutron irradiation) ಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿದಾಗ $^{227}_{89}Ac$ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದು.

$$^{226}_{88}Ra + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{227}_{88}Ra$$

$$^{227}_{88}Ra \xrightarrow[(T_{\frac{1}{2}} = 41.2 \text{ ನಿ})]{\beta^-} ^{227}_{89}Ac$$

$$\left(T_{\frac{1}{2}} = 21.7 \text{ ವರ್ಷಗಳು} \right)$$

ಅಯಾನು ವಿನಿಮಯ ವಿಧಾನದಿಂದ ಆಕ್ಟೀನಿಯಂ ಅನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರೊಟಾಕ್ಟಿನಿಯಂ

ಥೋರಿಯಂ –230 ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಹೊಡೆಯುವುದರಿಂದ $^{231}_{91}Pa$ ನ್ನು ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಬಹುದು.

$$^{230}_{90}Th + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{231}_{90}Th$$

$$^{231}_{90}Th \xrightarrow[(T_{\frac{1}{2}} = 25.6 \text{ ಗಂ.})]{\beta^-} ^{231}_{91}Pa$$

$$(T_{\frac{1}{2}} = 3.4 \times 10^4 \text{ ವರ್ಷಗಳು})$$

$^{235}_{92}U$ ಕ್ಷಯಿಸುವುದರಿಂದಲೂ $^{231}_{91}Pa$ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದು.

ನೆಪ್ಚ್ಯೂನಿಯಂ

^{235}U ಮತ್ತು ^{238}U ಬೀಜಾಂಶಗಳನ್ನು ಇಂಧನಗಳನ್ನಾಗಿ ಬಳಸುವ ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಪ್ಲುಟೋನಿಯುಮನ್ನು ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸುವಾಗ ಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ನೆಪ್ಚ್ಯೂನಿಯಂ -237 ಉಪಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ ಬರುತ್ತದೆ.

ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕದ ರಚನೆಯನ್ನವಲಂಬಿಸಿ ಕೆಳಗೆ ಕಾಣಿಸಿರುವ ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯುತ್ತವೆ.

$$\text{(i)}\quad {}^{238}_{92}\text{U} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{237}_{92}\text{U} + 2\,{}^{1}_{0}\text{n}$$

$${}^{237}_{92}\text{U} \xrightarrow[(T_{\frac{1}{2}} = 6.8\text{ದಿ})]{\beta^-} {}^{237}_{93}\text{Np}$$

$$(T_{\frac{1}{2}} = 2.2 \times 10^{6}\text{ವ})$$

$$\text{(ii)}\quad {}^{235}_{92}\text{U} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{236}_{92}\text{U}$$

$${}^{236}_{92}\text{U} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{237}_{92}\text{U}$$

$${}^{237}_{92}\text{U} \xrightarrow{\beta^-} {}^{237}_{93}\text{Np}$$

ಪು ಟೋನಿಯಂ

ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂನ ಪ್ರಮುಖ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯಾದ ^{239}Puನ್ನು ಅನೇಕ ಕಿಲೋಗ್ರಾಂಗಳಷ್ಟು ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಕಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಬಹುದು. ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಸರಪಣಿ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ^{235}U ರ ವಿದಲನದಿಂದುಂಟಾಗುವ ಮಿತಿಮೀರಿದ ಸಂಖ್ಯೆಯ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ^{238}U ಬೀಜಾಂಶದಿಂದ ಗ್ರಹಿಸಲ್ಪಡುವುದರಿಂದ ^{239}Pu ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದು.

$${}^{235}_{92}u + {}^{1}_{0}n \rightarrow \text{ವಿದಲನೋತ್ಪನ್ನಗಳು} + 2.5\,{}^{1}_{0}n$$

$$+ \text{ಶಕ್ತಿ} \ (= 200 \text{ Mev})$$

$${}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \ {}^{239}_{92}U$$

(ವಿದಲನೋತ್ಪನ್ನ)

$$\xrightarrow[(T_{\frac{1}{2}} = 23.5\text{ನಿ})]{\beta^-} {}^{239}_{93}Np \xrightarrow[(T_{\frac{1}{2}} = 2.35\text{ದಿ})]{\beta^-} {}^{239}_{94}Pu$$

ಈ ರೀತಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ –239 ರ ಅರ್ಧಾಯುಸ್ಸು 24, 360 ವರ್ಷಗಳು.

${}^{239}Pu$ ರೊಂದಿಗೆ ಅದರ ಇತರ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳಾದ ${}^{240}Pu$ ${}^{241}Pu$ ಮತ್ತು ${}^{242}Pu$ ಸೇರಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳನ್ನು ಅಯಾನು ವಿನಿಮಯ ವಿಧಾನದಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಬಹುದು.

ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂನ ಇನ್ನೊಂದು ಸಮಸ್ಥಾನಿ ${}^{238}_{94}Pu$ ನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕಾಣಿಸಿರುವ ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ತಯಾರಿಸಬಹುದು.

$${}^{238}_{92}u + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{238}_{93}Np + 2\,{}^{1}_{0}n$$

(ಡ್ಯುಟೆರಾನ್)

$${}^{238}_{93}Np \xrightarrow[(T\frac{1}{2} = 2\text{ದಿ.})]{\beta^-} {}^{238}_{94}Pu \qquad (T\tfrac{1}{2} = 90 \text{ ವ.})$$

ಅಮೆರಿಸಿಯಂ

ಯುರೇನಿಯಂ–238 ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್‌ನಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದ ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳಿಂದ ಹೊಡೆದಾಗ $^{241}_{94}Pu$ ತಯಾರಾಗುವುದು. ಅದು ಬೀಟಾ ಕಣಗಳನ್ನು ಸಿಡಿಸುತ್ತಾ ಕ್ಷಯಿಸಿ ಅಮೆರಿಸಿಯಂ–241 ನ್ನು ಕೊಡುವುದು.

$$^{238}_{92}U + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{241}_{94}Pu + {}^{1}_{0}n$$

$$^{241}_{94}Pu \xrightarrow[(T\frac{1}{2}=13\text{ ವ})]{\beta^-} {}^{241}_{95}Am \quad (T\tfrac{1}{2} = 500\text{ ವ.})$$

ಕ್ಯೂರಿಯಂ :

$$^{239}_{94}Pu + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{242}_{96}Cm + {}^{1}_{0}n \; (T\tfrac{1}{2}=162\text{ ದಿ.})$$

ಬರ್ಕೀಲಿಯಂ :

(i) $$^{241}_{95}Am + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{243}_{97}Bk + 2\,{}^{1}_{0}n$$

$(T\tfrac{1}{2}=4{\cdot}6\text{ ಗಂ.})$

(ii) $$^{241}_{95}Am + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{245}_{97}Bk \quad (T\tfrac{1}{2}=5\text{ ದಿ.})$$

ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಂ

(i) $$^{242}_{96}Cm + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{244}_{98}Cf + 2\,^{1}_{0}n$$

$\left(T_{\frac{1}{2}} = 45\ \text{ನಿ.} \right)$

(ii) $$^{242}_{96}Cm + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{246}_{98}Cf$$

ಐನ್‌ಸ್ಟೀನಿಯಂ

$$^{238}_{92}u + ^{14}_{7}N \longrightarrow ^{247}_{99}En + 5\,^{1}_{0}n \left(T_{\frac{1}{2}} = 7{\cdot}3\ \text{ನಿ.} \right)$$

ಫರ್ಮಿಯಂ

ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ಬೀಜಾಂಶಕ್ಕೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಸತತವಾಗಿ ಹೊಡೆದು ಇದನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಯಿತು. $^{254}_{100}Fm$ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಕೆಳಕಂಡ ಬೀಜಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯುವುವು.

$$^{239}_{94}Pu + 2\,^{1}_{0}n \longrightarrow ^{241}_{94}Pu \xrightarrow{\beta^-} ^{241}_{95}Am$$

$$^{241}_{95}Am + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{242}_{95}Am \xrightarrow{\beta^-} ^{242}_{96}Cm$$

$$^{242}_{96}\mathrm{Cm} + 7\,^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow \,^{249}_{96}\mathrm{Cm} \xrightarrow{\beta^-} \,^{249}_{97}\mathrm{Bk}$$

$$^{249}_{97}\mathrm{Bk} + \,^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow \,^{250}_{97}\mathrm{Bk} \xrightarrow{\beta^-} \,^{250}_{98}\mathrm{Cf}$$

$$^{250}_{98}\mathrm{Cf} + 3\,^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow \,^{253}_{98}\mathrm{Cf} \xrightarrow{\beta^-} \,^{253}_{99}\mathrm{En}$$

$$^{253}_{99}\mathrm{En} + \,^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow \,^{254}_{99}\mathrm{En} \xrightarrow{\beta^-} \,^{254}_{100}\mathrm{Fm}$$

ಫರ್ಮಿಯಂನ ಇನ್ನೊಂದು ಸಮಸ್ಥಾನಿ $^{252}_{100}\mathrm{Fm}$ ನ್ನು $^{238}_{92}\mathrm{U}$ ಮತ್ತು 180 Mev ಶಕ್ತಿಯ ಆಮ್ಲಜನಕ ಕಣ $\left(^{16}_{8}\mathrm{O}\right)$ ಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಲಾಗಿದೆ.

$$^{238}_{92}\mathrm{U} + \,^{16}_{8}\mathrm{O} \longrightarrow \,^{252}_{100}\mathrm{Fm} + 2\,^{1}_{0}\mathrm{n} \quad \left(T_{\frac{1}{2}} = 30 \text{ ನಿ.}\right)$$

ಮೆಂಡೆಲೀವಿಯಂ

241 Mev ಶಕ್ತಿಯ α–ಕಣಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ $^{253}_{99}\mathrm{En}$ ಬೀಜಾಂಶವು $^{256}_{101}\mathrm{Mv}$ ಬೀಜಾಂಶವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವುದು.

$$^{253}_{99}En + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{256}_{101}Mv + ^{1}_{0}n$$

ನೊಬಿಲಿಯಂ

$$^{242}_{96}Cm + ^{13}_{6}C \longrightarrow ^{253}_{102}No + 2\,^{1}_{0}n \left(T_{\frac{1}{2}} = 10\text{ನಿ.} \right)$$

ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂ

ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಂ–252 ಬೀಜಾಂಶವನ್ನು ಬೋರಾನ್–10 ಕಣಗಳಿಂದ ಹೊಡೆದಾಗ ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂ – 257 ಸಮಸ್ಥಾನಿಯು ಸಂಶ್ಲೇಷಿತವಾಗುವುದು.

$$^{252}_{98}Cf + ^{10}_{5}B \longrightarrow ^{257}_{103}Lw + 5\,^{1}_{0}n \left(T_{\frac{1}{2}} = 8\text{ ಸೆ.} \right)$$

ಈ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ಬರ್ಕ್ಲಿಯಲ್ಲಿರುವ 'ಹಿಲಾಕ್' ಕಣವೇಗವರ್ಧಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸಿದ್ದಾರೆ.

11. ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕೀಕರಣ

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಸಾಧಾರಣ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸುವುದು ಬಹಳ ಕಷ್ಟ. ಅವುಗಳ ಅಯಾನು ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಹಳ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವುದೇ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಬೇರೊಂದು ವಿಧಾನವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಬೇಕು. ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ ನೂತನ ವಿಧಾನವೊಂದು ಉದಯಿಸಿದೆ. "ಅಯಾನು ವಿನಿಮಯ ವಿಧಾನ" (Ion-exchange method) ವೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಈ ನೂತನ ವಿಧಾನವು ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ಹಾಗೂ ಶೀಘ್ರವಾದುದಲ್ಲದೆ ಧಾತುವಿನ ಕೆಲವೇ ಕೆಲವು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೂ ಸಹ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ತೆಗೆಯಬಹುದು. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಯುರೇನಿಯಂ ಆಚೆಯ ಹೊಸ ಹೊಸ ಧಾತುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಬಹಳ ಸಹಾಯವಾಗಿದೆ. ಬರ್ಕೀಲಿಯಂನಿಂದ ಮೆಂಡೆಲೀವಿಯಂವರೆಗಿನ ಎಲ್ಲಾ ಕೃತಕ ಧಾತುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸ್ವಭಾವ, ನಡವಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು ಕಂಡುಕೊಂಡಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಅಯಾನು ವಿನಿಮಯ ಗುಣದಿಂದಲೇ.

ಅಯಾನು ವಿನಿಮಯ ವಿಧಾನ

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಥವಾ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿ +3 ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಧಾತುಗಳನ್ನೂ

(M^{3+}) ವಿನಿಮಯಕ್ಕೆ ಸಿದ್ಧವಾಗಿರುವ ಕ್ಯಾಟಯಾನುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂಥಹ ಯಾವುದೇ ರಾಳದೊಂದಿಗೆ (ಸಾವಯವ ಬಹ್ವಣು) ಸುಲಭ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯೋಜನೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸ ಬಹುದು. (ಇತರ ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅಯಾನುಗಳೂ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಬಲ್ಲವಾದರೂ, +3 ಸ್ಥಿತಿಯ ಅಯಾನುಗಳೇ ಉತ್ತಮವೆಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದಿದೆ.) ಅಂಥ ಅಯಾನುಗಳ ಜಲೀಯ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಘನರೂಪದ ರಾಳದಿಂದ ಕಲಕಿದಾಗ ಬಹಳ ಸರಳವಾದ ಅಯಾನು ವಿನಿಮಯ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆ.

ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಮಿಶ್ರಣದಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಒಂದು ತಟಸ್ಥ (Neutral) ನೈಟ್ರೇಟ್ ದ್ರಾವಣ ದಿಂದ ಆ ಧಾತು ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಸಲ್ಫೋನಿಕ್ ಆಮ್ಲ ಕ್ಯಾಟಯಾನು ವಿನಿಮಯ ರಾಳದಿಂದ ತುಂಬಿರುವ ಸ್ತಂಭದ ಮೇಲೆ ಹಿರಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುವುದು. ಈ ರಾಳವು ಪ್ರಬಲ ಆಮ್ಲ ದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದು. ಡೌವೆಕ್ಸ್–50 ಮತ್ತು ಅಂಬರ್‌ಲೈಟು (Dowex-50 and Amberlite) ಎಂಬುವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಕ್ಯಾಟಯಾನು ವಿನಿಮಯ ರಾಳಗಳು. ಪ್ರಬಲ ಸಲ್ಫೋನಿಕ್ ಆಮ್ಲಗುಂಪು ($SO_3^-H^+$) ಗಳಲ್ಲಿರುವ ಜಲಜನಕದ ಅಯಾನುಗಳು (H^+) ಜಲೀಯ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿರುವ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನು (M^{3+}) ಗಳೊಂದಿಗೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ವಿನಿಮಯಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

$$M^{3+} + 3\,HR \rightleftharpoons MR_3 + 3\,H^+$$

(ಜಲೀಯ) (ಘನರಾಳ) (ಘನವಸ್ತು) (ಜಲೀಯ)

ಇಲ್ಲಿ HR ಎಂಬುದು ಪ್ರಬಲಾಮ್ಲ ಕ್ಯಾಟಯಾನು ವಿನಿಮಯ ರಾಳದ ಸಂಕೇತ.

ಆಕ್ಟಿನಿಯಂ ತುದಿಯಲ್ಲಿರುವ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳು ಹೆಚ್ಚಿನ ಕ್ಷಾರಕಗುಣವನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದರೆ, ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂ ತುದಿಯಲ್ಲಿರುವ ಅಯಾನುಗಳು ಕಮ್ಮಿ ಕ್ಷಾರಕಗುಣವನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಆಕ್ಟಿನಿಯಂ ತುದಿಯಲ್ಲಿರುವ ಅಯಾನುಗಳು ಸುಲಭವಾಗಿ ರಾಳದ ಅಯಾನುಗಳೊಂದಿಗೆ ವಿನಿಮಯಗೊಂಡರೆ ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂ ತುದಿಯಲ್ಲಿರುವ ಅಯಾನುಗಳು ಬಹಳ ನಿಧಾನವಾಗಿ ವಿನಿಮಯಗೊಳ್ಳುವುವು. ಆಕ್ಟಿನಿಯಂ ತುದಿಯ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ರಾಳವು ಹೆಚ್ಚು ಅಂಶ ಹೀರಿಕೊಂಡರೆ, ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂ ತುದಿಯ ಅಯಾನುಗಳು ಅಲ್ಪಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೀರಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ರಾಳದ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ಗ್ರಹಣ ಕ್ರಿಯೆಯು ನಡೆಯುವುದು.

ರಾಳವು ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡಮೇಲೆ, ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ತೆಗೆಯಲು ಬೇರೊಂದು ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಅಂತಹ ದ್ರಾವಣವನ್ನು 'ಎಲ್ಯೂಯೆಂಟ್' (Eluant) ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲ್ಯೂಯೆಂಟ್ ದ್ರಾವಣವು ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳೊಂದಿಗೆ ವರ್ತಿಸಿ ಸಂಕೀರ್ಣ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಅವು ಈ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ವಿಲೀನಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲ್ಯೂಯೆಂಟು, ದುರ್ಬಲ ಆಮ್ಲ ಅಥವಾ ಪ್ರಬಲ ಸಂಕೀರ್ಣ ಕಾರಕವಸ್ತು (Complexing agent) ವಿನಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಒಂದು ಜಲೀಯ ದ್ರಾವಣ. ಅಮೋನಿಯಂ ಸಿಟ್ರೇಟ್ ಮತ್ತು ಎಥಲೀನ್ ಡೈ ಅಮೀನ್ ಟೆಟ್ರಾ ಅಸಿಟಿಕ್ ಆಸಿಡ್ ಅಥವಾ ಈ.ಡಿ.ಟಿ.ಎ. (E.D.T.A.) ಎಂಬುವು ಹೆಚ್ಚು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಯೂಯೆಂಟ್ ದ್ರಾವಣಗಳು.

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಕ್ಲೋರೈಡ್, ನೈಟ್ರೇಟ್, ಸಲ್ಫೇಟ್, ಸಿಟ್ರೇಟ್ ಮತ್ತು ಲ್ಯಾಕ್ಟೇಟ್ ಮುಂತಾದ ಅಯಾನು ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ವಿಲೀನಗೊಳಿಸಿ ರಾಳದಿಂದ ಹೊರತೆಗೆದು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಬಹುದು. ಅಯಾನುಗಳು ವಿಲೀನ ಗೊಳ್ಳುವ ಕ್ರಮವು, ಅವು ರಾಳದೊಂದಿಗೆ ಬಂಧಿಸಲ್ಪಡುವ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಎಲ್ಯೂಯೆಂಟ್ ದ್ರಾವಣದೊಂದಿಗೆ ಸಂಕೀರ್ಣ ಗೊಳ್ಳುವ ಬಲಗಳನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಥವಾ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣ್ವಂಕ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ವಿಲೀನತೆಯೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪರಮಾಣ್ವಂಕ ಪಡೆದಿರುವ ಧಾತುವಿನ ಅಯಾನು ಮೊದಲು ವಿಲೀನವಾಗುವುದು. ಅದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಅಂಕದ ಧಾತುವಿನ ಅಯಾನು ಅನಂತರವೇ ವಿಲೀನವಾಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ರಾಳದ ಸ್ತಂಭದಿಂದ ಎಲ್ಯೂಯೆಂಟ್ ದ್ರಾವಣದ ಮೂಲಕ ಮೊದಲು ಜಾರಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂ (Z=103). ಕೊನೆಗೆ ಜಾರಿಕೊಂಡು ಹೊರಬರುವ ಧಾತು ಆಕ್ಟೀನಿಯಂ (Z=89). ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಹಲವು ಬಾರಿ ಪುನರಾವರ್ತಿಸುವುದರಿಂದ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಬಹುದು. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಪರಿಶುದ್ಧ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

12. ಆಕ್ಸಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸ

ಪರಮಾಣುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಅಂಥ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜದ ಹೊರವಲಯದಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಅಂಕಿ ಮತ್ತು ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ವರ್ಣಮಾಲೆಯ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಅಕ್ಷರಗಳಿಂದ ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವಾಗ ಪ್ರಮುಖ ಕವಚಗಳನ್ನು 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ಮುಂತಾದ ಪ್ರಮುಖ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಂದ ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪ್ರಮುಖ ಕವಚವೂ ಕೆಲವು ಉಪಕವಚಗಳಿಂದಾಗಿದೆ. ಈ ಉಪಕವಚಗಳನ್ನು s, p, d, f, g ಮೊದಲಾದ ಸಣ್ಣ ಅಕ್ಷರಗಳಿಂದ ಸೂಚಿಸುವರು. ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಮುಖ ಕವಚದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ s ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿದ್ದರೆ, ಎರಡನೆಯ ಕವಚದಲ್ಲಿ s ಮತ್ತು p ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಮೂರನೇ ಕವಚವು s, p ಮತ್ತು d ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ತುಂಬಿದ್ದರೆ, ನಾಲ್ಕನೆಯ ಕವಚವು s, p, d ಮತ್ತು f ವುಪಕವಚಗಳಿಂದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಉಪಕವಚವೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಹೊಂದಿರಬಲ್ಲುದು. ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶವಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಹೀಗೆ s ಕವಚದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅವಕಾಶ ವಿರುವುದು. p ಕವಚವು 6 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದಲೂ, d ಕವಚವು 10 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು f ಕವಚವು 14 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದಲೂ ಸಂತೃಪ್ತವಾಗುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಪ್ರಮುಖ ಕವಚಗಳು (1, 2, 3, 4......) ಕ್ರಮವಾಗಿ 2, 8, 18, 32,......... ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಸಂತೃಪ್ತ ವಾಗುತ್ತವೆ.

ಉಪಕವಚಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಆ ಕವಚಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಅಕ್ಷರಗಳ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಬಲ ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ಬರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಮೊದಲು ಪ್ರಮುಖ ಕವಚವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಅಂಕಿಯನ್ನು ಬರೆದು ಅದಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೊಂಡಂತೆ ಉಪಕವಚವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಅಕ್ಷರವನ್ನು ಬರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಹೀಗೆ ಬರೆದಾಗ ಜಲಜನಕ $(Z=1)$ ದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸ $1s^1$, ಹೀಲಿಯಂ $(Z=2)$ $1s^2$, ಲೀಥಿಯಂ $(Z=3)$ $1s^2 2s^1$ ನಿಯಾನ್ $(Z=10)$ $1s^2 2s^2 2p^6$, ಸೋಡಿಯಂ $(Z=11)$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜವನ್ನು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಹೊಕ್ಕಾಗ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಹೊಸಧಾತುವಿನಿಂದಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚುವರಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಕನಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಉಪಕವಚಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ಆರ್ಬಿಟಲ್ ಗಳನ್ನು (ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಚಲನೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಸ್ಥಳವೇ ಆರ್ಬಿಟಲ್) ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತದೆ.

ಈ ರೀತಿ ಕೆಲವು ಬಾರಿ ಒಳಗಿನ ಆರ್ಬಿಟಲ್‌ಗಳು ಭರ್ತಿ ಯಾಗುವ ಮೊದಲೇ ಹೊರಗಿನ ಆರ್ಬಿಟಲ್‌ಗಳನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು

ಗಳು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತವೆ. ನಂತರದ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಅಪೂರ್ಣವಾಗಿರುವ ಈ ಒಳಗಿನ ಆರ್ಬಿಟಲ್‌ಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಭರ್ತಿಯಾಗಿ "ಟ್ರಾನ್ಸಿಷನ್ ಧಾತುಗಳು" ಎಂಬ ಗುಂಪು ನಿರ್ಮಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಟ್ರಾನ್ಸಿಷನ್ ಧಾತುಗಳ ಮೊದಲನೆಯ ವರ್ಗದಲ್ಲಿ 4s ಆರ್ಬಿಟಲ್‌ಗಳು ಭರ್ತಿಯಾದ ನಂತರ 3_d ಆರ್ಬಿಟಲ್‌ಗಳು ತುಂಬಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

"ವಿರಳ ಮಣ್ಣುಗಳು" ಅಥವಾ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಶ್ರೇಣಿಯ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಒಳಗಿನ ಕವಚಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಭರ್ತಿಯಾಗುತ್ತವೆಯಾದ್ದರಿಂದ ಅವನ್ನು "ಇನ್ನರ್ ಟ್ರಾನ್ಸಿಷನ್ ಶ್ರೇಣಿ" ಯ ಧಾತುಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಧಾತುಗಳ ನಿರ್ಮಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಅವುಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಅಂಕದ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ 5s, 5p ಮತ್ತು 6_s ಆರ್ಬಿಟಲ್‌ಗಳು ಭರ್ತಿಯಾದ ಮೇಲೆ, 4_f ಆರ್ಬಿಟಲ್‌ಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ತುಂಬಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್‌ಗಳಂತೆಯೇ "ಇನ್ನರ್ ಟ್ರಾನ್ಸಿಷನ್ ಶ್ರೇಣಿ"ಗೆ ಸೇರಿದ ಮತ್ತೊಂದು ಧಾತುಗಳ ಗುಂಪೇ ಆಕ್ಟಿನೈಡುಗಳು. ಈ ಧಾತುಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಅಂಕದ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ 6_s, 6_p ಮತ್ತು 7_s ಆರ್ಬಿಟಲ್‌ಗಳು ಭರ್ತಿಯಾದಮೇಲೆ, 5_f ಆರ್ಬಿಟಲ್‌ಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸುತ್ತಾ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತವೆ.

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಶ್ರೇಣಿಯ ಮೊದಲ ಕೆಲವು ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು 6d ಕವಚವನ್ನೂ ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತವೆ. 5f ಮತ್ತು 6d ಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸರಿ ಸುಮಾರು ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿರುವುದೇ ಇದಕ್ಕೆ

ಕಾರಣ. ಅಂಥ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಬಂಧ ಸ್ವಲ್ಪ ಸಡಿಲವಿರುವುದರಿಂದ ಮೊದಲ ಕೆಲವು ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳು ತ್ರಿ–ಧನ (Tripositive) ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ. ಮೇಲಿನ ಅಂಕದ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಒಳಗಿನ 5f ಕವಚವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದರಿಂದ ಅತ್ಯಂತ ಹೊರಗಿನ ಕವಚಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸವಿದ್ದು, ಆ ಧಾತುಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಾದೃಶ್ಯವಾದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ.

ಈ ಮುಂದೆ ಕಾಣಿಸಿರುವ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಅದರೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಕೆಗಾಗಿ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಧಾತಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನೂ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಕರ್ಣಗಳೊಳಗೆ ಕಾಣಿಸಿರುವಂಥ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸಗಳು ಪ್ರವಾದಿಸಲಾಗಿರುವಂಥವು. (ಅಂದರೆ ಅವು ಇನ್ನೂ ದೃಢಪಟ್ಟಿಲ್ಲ.)

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಮತ್ತು ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸ*

ಧಾತು	ಪರಮಾಣು ಅಂಕ, z	ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸ	ಧಾತು	ಪರಮಾಣು ಅಂಕ, z	ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸ
Ac	89	$6d^1 7s^2$	Ln	57	$5d^1 6s^2$
Th	90	$6d^2 7s^2$	Ce	58	$4f^1 5d^1 6s^2$
Pa	91	$5f^2 6d^1 7s^2$	Pr	59	$4f^3 6s^2$
U	92	$5f^3 6d^1 7s^2$	Nd	60	$4f^4 6s^2$
Np	93	$5f^4 6d^1 7s^2$	Pm	61	$4f^5 6s^2$
Pu	94	$5f^6 7s^2$	Sm	62	$4f^6 6s^2$
Am	95	$5f^7 7s^2$	Eu	63	$4f^7 6s^2$
Cm	96	$5f^7 6d^1 7s^2$	Gd	64	$4f^7 5d^1 6s^2$
Bk	97	$(5f^8 6d^1 7s^2)$	Tb	65	$4f^9 6s^2$

ಧಾತು	ಪರಮಾಣು ಅಂಕ, z	ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸ	ಧಾತು	ಪರಮಾಣು ಅಂಕ, z	ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸ
Cf	98	$(5f^{10}\ 7s^2)$	Dy	66	$4f^{10}\ 6s^2$
En	99	$(5f^{11}\ 7s^2)$	Ho	67	$4f^{11}\ 6s^2$
Fm	100	$(5f^{12}\ 7s^2)$	Er	68	$4f^{12}\ 6s^2$
Mv	101	$(5f^{13}\ 7s^2)$	Tm	69	$4f^{13}\ 6s^2$
No	102	$(5f^{14}\ 7s^2)$	Yb	70	$4f^{14}\ 6s^2$
Lw	103	$(5f^{14}\ 6d^1\ 7s^2)$	Lu	71	$4f^{14}\ 5d^1\ 6s^2$

*ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿನ ಉಳಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ರೆಡಾನ್ ಧಾತುವಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ರಚನೆಯನ್ನೇ ಹೊಂದಿವೆ. ಅಂದರೆ, $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 4f^{14}\ 5s^2\ 5p^6\ 5d^{10}\ 6s^2\ 6p^6$

ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿನ ಉಳಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ ಕ್ಸೆನಾನ್ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನೇ ಹೋಲುವುದು. ಅಂದರೆ, $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 5s^2\ 5p^6$

ಆಕ್ಟಿನಿಯಂ, ಥೋರಿಯಂ, ಯುರೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಅಮೆರಿಸಿಯಂಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ವರ್ಣಪಟಲ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು. ಆದರೆ ಪ್ರೊಟಾಕ್ಟಿನಿಯಂ, ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ, ಪ್ಲುಟೊನಿಯಂ ಮತ್ತು ಕ್ಯೂರಿಯಂಗಳನ್ನು ಪರಮಾಣು-ರಶ್ಮಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೊಳಪಡಿಸಿ ಅವುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು.

103ನೇ ಧಾತುವಾದ ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂನಲ್ಲಿ 5f ಕವಚವು ಭರ್ತಿಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಲಾರೆನ್ಸಿಯಂ ಆಚೆಯ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ (ಅಂದರೆ 104 ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅಂಕದ ಧಾತುಗಳು) ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು 6d ಕವಚವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಬೇಕು. 6d ಕವಚಗಳು ಭರ್ತಿಯಾದ ಮೇಲೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು 7_s ಕವಚವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಭರ್ತಿಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋದಾಗ ನಮ್ಮ ಕಲ್ಪನಾ ಲೋಕದ 118ನೇ ಪರಮಾಣ್ವಂಕದ ಧಾತು ಜಡಾನಿಲಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ಅದಾದ ನಂತರ ಬರುವ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ 5g ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿರುವುವು. ಆಗ ಹೊಸದೊಂದು ಧಾತು ಶ್ರೇಣಿಯೇ ಉಂಟಾಗಬಹುದು. ಆದರೆ ಅಂತಹ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಅಸ್ಥಿರವಾಗಿರಬೇಕಾದ್ದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆ ಮತ್ತು ಅಂತಹ ಕುತೂಹಲಕಾರಿ ನೂತನ ಶ್ರೇಣಿಯ ಅಧ್ಯಯನ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಹೆಚ್ಚು ಅಂದರೆ 110ನೇ ಅಂಕದ ಧಾತುವನ್ನು ಸಂಶ್ಲೇಷಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬಹುದು. ಅದಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಧಾತುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆ ಅಸಾಧ್ಯವೆಂದೇ ಕೆಲವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಅಭಿಪ್ರಾಯವಾದರೆ, ಇನ್ನೂ ಕೆಲವರು

ಅಂತಹ ಧಾತುಗಳ ಸೃಷ್ಟಿಯ ಬಗ್ಗೆ ಆಶಾ ಭಾವನೆಯಿಂದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ.

104 ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪರಮಾಣ್ವಂಕಗಳ ಧಾತುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸ ಪ್ರಾಯಶಃ ಕೆಳಕಂಡಂತಿರಬಹುದು:

ಪರಮಾಣ್ವಂಕ	ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುವಿನ್ಯಾಸ
104	$5f^{14}\ 6d^{2}\ 7s^{2}$
105	$5f^{14}\ 6d^{3}\ 7s^{2}$
106	$5f^{14}\ 6d^{4}\ 7s^{2}$
107	$5f^{14}\ 6d^{5}\ 7s^{2}$
108	$5f^{14}\ 6d^{6}\ 7s^{2}$
112	$5f^{14}\ 6d^{10}\ 7s^{2}$
113	$5f^{14}\ 6d^{10}\ 7s^{2}\ 7p^{1}$
118	$5f^{14}\ 6d^{10}\ 7s^{2}\ 7p^{6}$
120	$5f^{14}\ 6d^{10}\ 7s^{2}\ 7p^{6}\ 8s^{2}$
125	$5f^{14}\ 5g^{5}\ 6d^{10}\ 7s^{2}\ 7p^{6}\ 8s^{2}$

13. ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳು

ಲಾಂಥನೈಡ್ ಮತ್ತು ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸಗಳಲ್ಲಿರುವ ಪರಸ್ಪರ ಹೋಲಿಕೆಯಿಂದಾಗಿ ಅವುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲೂ ಬಹಳ ಮಟ್ಟಿನ ಸಾಮೀಪ್ಯತೆ ಕಂಡು ಬಂದಿದೆ. ಈ ಸಮಾನ ಲಕ್ಷಣವು ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಅಯಾನು ವಿನಿಮಯ ವಿಧಾನದಿಂದ ಪೃಥಕ್ಕರಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿದೆಯಲ್ಲದೆ ಅವುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲೂ ಬಹಳ ನೆರವಿಗೆ ಬಂದಿದೆ. ಇವೆರಡು ಗುಂಪಿನ ಧಾತುಗಳು ಕೊಡುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇದೇ ರೀತಿಯ ಸಮಾನತೆ ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಎರಡೂ ಶ್ರೇಣಿಯ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ತ್ರಿ-ಧನ ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಆದರೆ ಎಲ್ಲಾ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಈ ಸಮಾನತೆಯಿಲ್ಲ. ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್‌ಗಳ ವಿಶೇಷತೆಯೋ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದಾದ ತ್ರಿ-ಧನ ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಯು ಥೋರಿಯಂ ಮತ್ತು ಪ್ರೊಟಾಕ್ಟೀನಿಯಂಗಳ ಜಲೀಯ ದ್ರಾವಣಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಸಿಗುವುದಿಲ್ಲ. ಅಮೆರಿಸಿಯಂವರೆಗೂ ಸ್ಥಿರವಾದ ತ್ರಿ-ಧನ ಸ್ಥಿತಿಯು ಕಂಡುಬಂದಿಲ್ಲ. ಯುರೇನಿಯಂನಿಂದ ಅಮೆರಿಸಿಯಂವರೆಗೆ ವಿವಿಧ ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಗಳು ಕಂಡುಬಂದಿವೆ. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಸಾದೃಶ್ಯವಾದ ಉದಾಹರಣೆಗಳು ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿಲ್ಲ.

ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಗಳು

ಈ ಕೆಳಗಿನ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ; ಅತ್ಯಂತ ಸ್ಥಿರವಾದವುಗಳನ್ನು ದಪ್ಪ ಅಂಕಿಗಳಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಧಾತು	ಪರಮಾಣ್ವಂಕ	ಉತ್ಕರ್ಷಣಸ್ಥಿತಿ			
Ac	89	3			
Th	90	(3)	**4**		
Pa	91		4	**5**	
U	92	3	4	5	**6**
Np	93	3	4	**5**	6
Pu	94	3	**4**	5	6
Am	95	**3**	4	5	6
Cm	96	**3**	4		
Bk	97	**3**	4		
Cf	98	**3**			
Es	99	**3**			
Fm	100	**3**			

ಥೋರಿಯಂ ಧಾತುವಿನ ತ್ರಿ–ಧನ ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಯ ಬಗ್ಗೆ ಇನ್ನೂ ಸಂದೇಹವಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಕರ್ಣಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಎಲ್ಲಾ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳೂ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ನಾಲ್ಕು ವಿವಿಧ ಕ್ಯಾಟಯಾನು (ಧನ ಅಯಾನು)ಗಳನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ.

ಈ ಕ್ಯಾಟಯಾನುಗಳು ವಿವಿಧ ಬಣ್ಣಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ. ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಕ್ಯಾಟಯಾನುಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಬಣ್ಣಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ಧಾತು	*M^{3+}	M^{4+}	MO_2^{+}	MO_2^{2+}
ಆಕ್ಟಿನಿಯಂ	ಬಣ್ಣವಿಲ್ಲ	...	...	...
ಥೋರಿಯಂ	...	ಬಣ್ಣವಿಲ್ಲ	...	...
ಪ್ರೋಟಾಕ್ಟಿನಿಯಂ	...	ಬಣ್ಣವಿಲ್ಲ	ಬಣ್ಣವಿಲ್ಲ	...
ಯುರೇನಿಯಂ	ಕೆಂಪು	ಹಸುರು	ಬಣ್ಣ ಗೊತ್ತಿಲ್ಲ	ಹಳದಿ
ನೆಪ್ಟ್ಯೂನಿಯಂ	ನೀಲಿ-ನೇರಳೆ	ಹಳದಿ ಮಿಶ್ರಿತ ಹಸಿರು	ಹಸುರು	ಎಳೆಗೆಂಪು
ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ	ನೀಲಿ-ನೇರಳೆ	ಕಿತ್ತಲೆ	ಕೆಂಪು	ಹಳದಿ
ಅಮೆರಿಸಿಯಂ	ಎಳೆಗೆಂಪು	ಗುಲಾಬಿ	ಹಳದಿ	ಕೆಂಗಂದು
ಕ್ಯೂರಿಯಂ	ಬಣ್ಣವಿಲ್ಲ	...	...	...

M ಎಂಬುದು ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುವಿನ ಸಂಕೇತ

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಬಹು ವಿಧದ ಬಣ್ಣಗಳು ಟ್ರಾನ್ಸಿಷನ್ ಧಾತುಗಳ ವಿಶೇಷತೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯ ವರ್ಣವೈವಿಧ್ಯ ಕಬ್ಬಿಣ-ನಿಕ್ಕಲ್-ಕೋಬಾಲ್ಟ್ ಮತ್ತು ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಮೇಲಿನ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಖಾಲಿ ಬಿಟ್ಟಿರುವ ಸ್ಥಾನಗಳು, ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಆ ಧಾತುಗಳು ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿಸುತ್ತವೆ. ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ (+5) ಅಯಾನುವಿನ ಬಣ್ಣವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿಲ್ಲ; ಇವಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ ಅದನ್ನು

ಉಳಿದ ಉತ್ಕರ್ಷಣ ಸ್ಥಿತಿಗಳಿಂದ ಬಿಡಿಯಾಗಿ ತಯಾರಿಸಲಾಗಿಲ್ಲ ಆದರೆ ಅದರ ಜಲೀಯದ್ರಾವಣದ ಗ್ರಹಣ ವರ್ಣಪಟಲ (Absorption Spectra) ದಿಂದ ಅದರ ಬಣ್ಣವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಪ್ರೊಟಾಕ್ಟೀನಿಯುಂ (+5) ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಜಲೀಯ ದ್ರಾವಣಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಬಹ್ವಣುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ (highly polymerized) ಕಲಾಯ್ಡ್ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ PaO_2^+ ಸರಳ ಅಯಾನಿನಂತೆ ಅಂತಹ ದ್ರಾವಣಗಳಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುವುದು ಅಸಂಭವ. ಘನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಾಗಲಿ ಜಲೀಯ ದ್ರಾವಣಗಳಲ್ಲಾಗಲಿ ಪ್ರೊಟಾಕ್ಟೀನಿಯುಂ (+3) ಕಂಡು ಬಂದಿಲ್ಲ.

ಸಾದೃಶ್ಯವಾದ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳು ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಉತ್ಕರ್ಷಣ – ಅಪಕರ್ಷಣ (Oxidation – Reduction) ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟಾಗಿ ಸಮಾನತೆ ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಧಾತುವಿನಿಂದ ಧಾತುವಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸ್ಥಿರತೆಯಲ್ಲಿ (Relative Stability) ವ್ಯತಾಸವಿದೆ. +3, +4, +5 ಮತ್ತು +6 ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ M^{3+}, M^{4+}, Mo_2^+, Mo_2^{2+} ರೂಪಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ.

M–O ಬಂಧವು (ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತು ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕಗಳ ಬಂಧ) ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಸುವನ್ನು ಪಡೆದಿರುವುದರಿಂದ ಆಕ್ಸೋ ಅಯಾನುಗಳು (MO_2^+ ಮತ್ತು MO_2^{2+}) ಅಪೂರ್ವ ಸ್ಥಿರತೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ ಮತ್ತು ಯಾವುದೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದಲೂ ಅವು ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ.

ಅಯಾನು ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಸ್ಫಟಿಕ ರಚನೆಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಅವುಗಳ ಅಯಾನು ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. M^{3+} ಮತ್ತು M^{4+} ಅಯಾನು ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ.

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳು ಅಯಾನು ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು

5f ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ	ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳು		ಅಯಾನು ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು * (ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಂ ಮಾನದಲ್ಲಿ), A°	
0	Ac^{3+}		1.11	
1	Th^{3+}	Th^{4+}	1.08	0.99
2	Pa^{3+}	Pa^{4+}	1.05	0.96
3	U^{3+}	U^{4+}	1.03	0.93
4	Np^{3+}	Np^{4+}	1.01	0.92
5	Pu^{3+}	Pu^{4+}	1.00	0.90
6	Am^{3+}	Am^{4+}	0.99	0.89
7	Cm^{3+}		0.98	

* ಒಂದು ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಂ ಮಾನ $= 1A^\circ = \frac{1}{10^8} (= 10^{-8})$ ಸೆ.ಮಿ.

M^{3+} ಮತ್ತು M^{4+} ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್‌ಗಳಲ್ಲಿದ್ದಂತೆಯೇ, ಬೀಜಾಂಶದ ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿದ್ದಂತೆ ಅಯಾನು ತ್ರಿಜ್ಯವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ

ಹೋಗುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ "ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಕುಗ್ಗುವಿಕೆ" (Actinide contraction) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಬಹುತೇಕ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ಅಯಾನು ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೇ ತೋರಿಸುವುದರಿಂದ ಹಾಗೂ ಅಯಾನು ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಹಳ ಸಾಮೀಪ್ಯತೆ ಪಡೆದಿರುವುದರಿಂದ, ಸಾದೃಶ್ಯ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಸ್ಫಟಿಕ ರಚನೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, UBr_3, $NpBr_3$, $PuBr_3$, $AmBr_3$) ಪರಮಾಣ್ವಂಕ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಂಡು ಬರುವುದಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣ ಅಯಾನು ತ್ರಿಜ್ಯದ ಕುಗ್ಗುವಿಕೆ. ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಡೈಆಕ್ಸೈಡ್ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು (MO_2) ಫ್ಲೋರೇಟ್ ರೀತಿಯ ರಚನೆಯಿಂದಾಗಿ ಬಹಳ ಸ್ಥಿರವಾಗಿವೆ.

ಗ್ರಹಣ ವರ್ಣಪಟಲ

ಜಲೀಯ ದ್ರಾವಣಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳು ದೃಷ್ಟಿ ಕ್ಷೇತ್ರ, ಸಮೀಪ-ಊದಾತೀತ ಮತ್ತು ಸಮೀಪ–ಅತಿರಕ್ತ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ (Visible, near-ultraviolet and near-infra-red regions) ಇಕ್ಕಟ್ಟಾದ ಪಟ್ಟಿಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ವರ್ಣಪಟಲಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ. 5f ಆರ್ಬಿಟಲ್‌ದಲ್ಲಿನ ಶಕ್ತಿ ಹಂತಗಳ ನಡುವೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸ್ಥಿತ್ಯಂತರಗೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ (Electronic transition) ಈ ರೀತಿಯ ಗ್ರಹಣ ವರ್ಣಪಟಲಗಳುಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ,

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು ಬಹಳ ದಟ್ಟ ವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಉದ್ರೇಚನ (Excitation)ಕ್ಕೆ ಸೂಕ್ತವಾದ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಸ್ಫುರಣತೆ (Flourescence) ಯನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಯುರೇನಿಯಂ, ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ, ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ, ಅಮೆರಿಸಿಯಂ ಮತ್ತು ಕ್ಯೂರಿಯಂಗಳ ಟ್ರೈಕ್ಲೋರೈಡ್ ಸಂಯುಕ್ತಗಳನ್ನು ಲ್ಯಾಂಥನಂ ಕ್ಲೋರೈಡ್‌ನೊಂದಿಗೆ ಮಿಶ್ರಮಾಡಿ ಊದಾತೀತ ಕಿರಣಗಳ ವರ್ತನೆಗೆ ಈಡುಮಾಡಿದರೆ ಅವು ಸ್ಫುರಿಸುತ್ತವೆ.

ಜಲ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ ಮತ್ತು ಸಂಕೀರ್ಣ ಅಯಾನುಗಳ ರಚನೆ

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣದಾದರೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ M^{4+} ಅಯಾನುಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಜಲ ವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹಾಗೂ ಸಂಕೀರ್ಣ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುವ ಗುಣವನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ. (ಜಲವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯೆಂದರೆ, ದ್ರಾವಕ ನೀರಿನೊಂದಿಗೆ ವರ್ತಿಸಿ ಹೈಡ್ರಾಕ್ಸೈಡ್ ಸಂಯುಕ್ತವನ್ನು ಕೊಡುವ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ.)

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲಾ Pu^{4+} ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಜಲ ವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಆನಯಾನು (Anion) (ಋಣ ಅಯಾನು) ಸಂಕೀರ್ಣಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಬಲ್ಲುದು. ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳ ಜಲವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ಮತ್ತು ಸಂಕೀರ್ಣ ಅಯಾನು ರಚನಾಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಅವರೋಹಣ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಈ ರೀತಿ ಬರೆಯಬಹುದು.

$$M^{4+} > Mo_2^{2+} > M^{3+} > Mo_2^{+}$$

$M_{O_2}^{+}$ ಅಯಾನು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಕ್ಷಾರಕ ಲೋಹಗಳನ್ನು (ಲೀಥಿಯಂ, ಸೋಡಿಯಂ, ಪೊಟಾಷಿಯಂ ಮೊದಲಾದ ಆವರ್ತನ ಕೋಷ್ಟಕದ 1ನೇ ಗುಂಪಿನ ಲೋಹಗಳು) ಹೋಲುವುದು. M^{3+} ಗಿಂತ Mo_2^{2+} ಅಯಾನುವಿನ ಜಲವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಲು ಕಾರಣ ಲೋಹದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಮೇಲೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿರುವುದೇ ಆಗಿದೆ. ಪರಮಾಣ್ವಂಕ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಅಯಾನುವಿನ ಜಲ ವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ Mo_2^{+} ಮತ್ತು Mo_2^{2+} ರೀತಿಯ ಅಯಾನುಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ಹೊರತಾಗಿವೆ.

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್‌ಗಳ ಸಂಕೀರ್ಣ – ಅಯಾನು ರಚನಾ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯು, ಜಲ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ ಗುಣದಂತೆಯೇ, ಅಯಾನುಗಳ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಆಕ್ಟಿನೈಡ್‌ಗಳ ಸಂಕೀರ್ಣ ಅಯಾನು ರಚನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಅವರೋಹಣ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಕೆಳಕಂಡಂತಿದೆ.

(ಏಕ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಅಯಾನುಗಳಲ್ಲಿ) ಫ್ಲೋರೈಡ್ > ನೈಟ್ರೇಟ್ > ಕ್ಲೋರೈಡ್ > ಪರ್‌ಕ್ಲೋರೇಟ್

(ದ್ವಿವಿದ್ಯುದಂಶ ಅಯಾನುಗಳಲ್ಲಿ) ಕಾರ್ಬೊನೇಟ್ > ಆಕ್ಸಲೇಟ್ > ಸಲ್ಫೇಟ್

ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಸಂಕೀರ್ಣ ಅಯಾನುಗಳಿಗಿಂತ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಸಂಕೀರ್ಣ ಅಯಾನುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಥಿರವಾದುವು.

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳು ಅನೇಕ ಸಾವಯುವ (organic) ವಸ್ತುಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಕೀರ್ಣ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಕೊಡುವುದರಿಂದ ಅಂಥಹ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಅವು ವಿಲೀನವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ವಿಲೀನತೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಧಾತುವಿನಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಧಾತುವಿಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದು. ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಈ ವಿಶೇಷ ಗುಣವು ನಮ್ಮ ನೆರವಿಗೆ ಬಂದಿದೆ.

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು

M^{3+} ಅಯಾನುಗಳ ಪ್ರೆಸಿಪಿಟೇಷನ್ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ (ಪ್ರಕ್ಷೇಪ ಅಥವಾ ಒತ್ತರಿಸುವ ಕ್ರಿಯೆ) ತ್ರಿ-ಧನ ಲ್ಯಾಂಥನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುತ್ತವೆ. M^{4+} ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳು ಸೀರಿಯಂ (4+) ಅಯಾನುವನ್ನು ಹೋಲುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಫ್ಲೋರೈಡ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಆಕ್ಸಲೇಟ್‌ಗಳು ಆಮ್ಲ ದ್ರಾವಣಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಿಲೀನವಾಗಿವೆ. ಆದರೆ ನೈಟ್ರೇಟ್, ಸಲ್ಫೇಟ್, ಪರ್‌ಕ್ಲೋರೇಟ್ ಮತ್ತು ಸಲ್ಫೈಡ್ ಸಂಯುಕ್ತಗಳೆಲ್ಲವೂ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕರಗುತ್ತವೆ. ಚತುರ್ಧನ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕರಗದ ಐಯೋಡೇಟ್ ಸಂಯುಕ್ತಗಳನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ. MO_2^+ ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಪ್ರಬಲ ಕಾರ್ಬೋನೇಟ್ ದ್ರಾವಣಗಳಿಂದ ಪೊಟ್ಯಾಷಿಯಂ ಲವಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕ್ಷೇಪಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಎಲ್ಲಾ ನಾಲ್ಕು ವಿಧದ ಅಯಾನುಗಳ ಹೈಡ್ರಾಕ್ಸೈಡ್ ಸಂಯುಕ್ತಗಳೂ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಿಲೀನ.

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಧಾತುಗಳ ಅನೇಕ ಸಂಯುಕ್ತಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಸಂಯುಕ್ತಗಳ ಸಂಶ್ಲೇಷಣಾ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ :

ಆಕ್ಟಿನೈಡ್ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ಮತ್ತು ಸಂಶ್ಲೇಷಣಾ ವಿಧಾನ

ಸಂಯುಕ್ತ	ಸಂಶ್ಲೇಷಣಾ ವಿಧಾನ
ಹೈಡ್ರೈಡ್	ಲೋಹಗಳ ಮೇಲೆ ಜಲಜನಕದ ವರ್ತನೆ
ಆಕ್ಸೈಡ್	ಲೋಹಗಳ ಮೇಲೆ ಆಮ್ಲಜನಕದ ವರ್ತನೆ ಅಥವಾ ಆಮ್ಲಜನಕಪೂರಿತ ಸಂಯುಕ್ತಗಳಾದ ಹೈಡ್ರಾಕ್ಸೈಡ್, ನೈಟ್ರೇಟ್ ಮೊದಲಾದವುಗಳ ವಿಭಜನೆ
ಫ್ಲೋರೈಡ್	ಆಕ್ಸೈಡ್‌ಗಳ ಮೇಲೆ ಹೈಡ್ರೋಫ್ಲೋರಿಕ್ ಆಮ್ಲ (HF) ದ ವರ್ತನೆ. ಅಥವಾ HF ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕಗಳ ವರ್ತನೆ
ಕ್ಲೋರೈಡ್	ಆಕ್ಸೈಡ್‌ಗಳ ಮೇಲೆ ಹೈಡ್ರೊಕ್ಲೋರಿಕ್ ಆಮ್ಲ (HCl) ದ ವರ್ತನೆ ಅಥವಾ ಲೋಹದ ಮೇಲೆ ಕ್ಲೋರಿನ್ ನ ವರ್ತನೆ
ಬ್ರೋಮೈಡ್	ಲೋಹಗಳ ಮೇಲೆ ಬ್ರೋಮಿನ್‌ನ ವರ್ತನೆ ಅಥವಾ ಆಕ್ಸೈಡ್‌ಗಳ ಮೇಲೆ ಹೈಡ್ರೊಜಿನ್ ಬ್ರೋಮೈಡ್ (HBr) ನ ವರ್ತನೆ
ಐಯೋಡೈಡ್	ಲೋಹಗಳ ಮೇಲೆ ಐಯೋಡೀನ್ ಅಥವಾ ಹೈಡ್ರೊಜಿನ್ ಐಯೋಡೈಡ್‌ನ ವರ್ತನೆ

ಬಹಳ ಆಸಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೆರಳಿಸಿರುವ ಮೂರು ಸಂಯುಕ್ತಗಳೆಂದರೆ, UF_6, $N_p F_6$ ಮತ್ತು $Pu F_6$ (ಯುರೇನಿಯಂ ಹೆಕ್ಸಾಫ್ಲೋರೈಡ್, ನೆಪ್ಚೂನಿಯಂ ಹೆಕ್ಸಾಫ್ಲೋರೈಡ್ ಮತ್ತು

ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ಹೆಕ್ಸಾಫ್ಲೋರೈಡ್). ಈ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೇ ಆವಿಯಾಗಬಲ್ಲ ವಿಶೇಷಗುಣ ಪಡೆದಿವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅವನ್ನು "ವೋಲಟೈಲ್" (Volatile) ಅಥವಾ ಸುಲಭವಾಗಿ ಆವಿಯಾಗಬಲ್ಲ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ.

ಯುರೇನಿಯಂ – 235 ನ್ನು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಯುರೇನಿಯಂ ನಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲು UF_6 ಸಂಯುಕ್ತವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ಹೆಕ್ಸಾಫ್ಲೋರೈಡ್ ಅತ್ಯಂತ ಪಟುವಾದ ಸಂಯುಕ್ತ. ಅದು ಜಡಾನಿಲವೆನಿಸಿದ ಕ್ಸೆನಾನ್ (Xe) ನೊಂದಿಗೂ ಸಹ ವರ್ತಿಸಿ $Xe^+ Pu F_6^-$ ಎಂಬ ಸಂಯುಕ್ತವನ್ನು ಕೊಡುವುದು. ಅನಿಲಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಧಾತುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಈ ವೋಲಟೈಲ್ ಫ್ಲೋರೈಡ್ ಸಂಯುಕ್ತಗಳು ಬಹಳ ಸಹಾಯಕವಾಗಿವೆ.

14. ಯುರೇನಿಯಂ ಆಚೆಯ ಧಾತುಗಳ ಉಪಯೋಗ

ಯುರೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಕಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ತಿಳಿದ ಮೇಲೆ ವಿಶ್ವಸಮರದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ಲೋಹವನ್ನು ಭಾರಿ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದವು. ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ಧಾತುವನ್ನು ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬುಗಳ ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಮೊದಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಯಿತು. ಇಂಥ ಬಾಂಬುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಜಲಜನಕದ ಬಾಂಬುಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದು. ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೆ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಭಾವವು ಮೊದಲು ಅರಿವಾದುದೇ ಈ ಭೀಕರ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ. ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನೇ ಬದಲಾಯಿಸಿದ ಈ ಬಾಂಬುಗಳ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದಾಗಿ ಹಿರೋಷಿಮಾ ಮತ್ತು ನಾಗಸಾಕಿಗಳಂತಹ ದೊಡ್ಡ ಪಟ್ಟಣಗಳ ನಿರ್ಮೂಲನವೂ, ಇತರ ಹಲವಾರು ವಿನಾಶಕಾರಿ ಪರಿಣಾಮಗಳೂ ಉಂಟಾಗಿ ಇಂದಿಗೂ ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೆ ಭಯ, ಭ್ರಾಂತಿಗಳು ಉಳಿಯುವಂತೆ ಆಗಿದೆ. ಈ ಹೃದಯ ವಿದ್ರಾವಕ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳು ಮತ್ತೆ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಸಂಭವಗಳನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗದಿದ್ದರೂ, ಆಶಾಭಾವನೆ

ಗಳುಂಟಾಗಿವೆ. ಇದೇ ತೆರನಾದ ವಿನಾಶಕಾರಿ ಪ್ರಯತ್ನಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಯುರೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಅದರ ಮೇಲಿನ ಧಾತುಗಳ ಉಪಯೋಗ ಮೀಸಲಾಗಿಲ್ಲ. ಶಾಂತಿ ಕಾಲದ ಉಪಯೋಗ ಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆ ಬಹು ಪ್ರಮುಖವಾದುದು.

ಶಾಂತಿ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ನ ಬಳಕೆಗೆ ಬಹಳ ಮಹತ್ವವಿದೆ. ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ಲುಟೋ ನಿಯಂ ಬಳಕೆಗೆ ಬಂದಿದೆ. ಆರೋಗ್ಯ, ಕೃಷಿ, ಕೈಗಾರಿಕೆ ರಂಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹಾಗೂ ತಾಂತ್ರಿಕ ಮತ್ತು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಉದ್ಯಮಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬಹಳವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿರುವ ವಿಕಿರಣ ಶೀಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ಲುಟೋ ನಿಯಂ ಪರೋಕ್ಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬಂದಿದೆ. ಇದು ಹೇಗೆಂದರೆ, ಈ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ತಯಾರಿಕೆಗೆ ನೂಟ್ರಾನು ಕ್ಷಿಪಣಿ ಕಣಗಳು ಅತ್ಯವಶ್ಯ. ಈ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹೊರ ಚಿಮ್ಮುವ ಇಂಧನ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ (Fuel Reactors) ಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ಅತ್ಯವಶ್ಯ ಇಂಧನವಾಗಿದೆ.

ಅನಿಯಂತ್ರಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಅಗಾಧ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒಂದು ವಿಧವಾಗಿ ನಿಯಂತ್ರಿಸಿ ಅದನ್ನು ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿನಿಮಯ ಮಾಡಿ ಕೊಳ್ಳುವ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ (Nuclear Reactor) ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಮಾದರಿಗಳಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವ ಕೆಲವು ಪ್ರಧಾನ ಅಂಶಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಎಲ್ಲಾ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುವೊಂದಿರ ಬೇಕು. ಇದರ ವಿದಲನ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಸ್ವಪ್ರವರ್ತಿತ ಸರಪಳಿ

ಕ್ರಿಯೆಯು ನಡೆಯಬೇಕು. ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯು ಬಹು ಭಾಗವು ಶಾಖದ ರೂಪದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವುದು.

ಕೇಂದ್ರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ತಿರುಳಿನಲ್ಲಿ (Core) ಒಂದು ಸೂಕ್ತವಾದ ಇಂಧನದೊಂದಿಗೆ ಒಂದು ಮಂದಕಾರಕ (Moderator) ವಸ್ತುವೂ ಇರುವುದು. ಇದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸುತ್ತುವರೆದಿರುವಂತೆ ಒಂದು ಪ್ರತಿ ಫಲಕವೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಮುಖಾಂಗಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಶಾಖವನ್ನು ಒಯ್ಯಲು ಶೀತಕ ವಸ್ತುಗಳೂ (Cooler) ಇರುವುವು. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ನಿಯಂತ್ರಿತ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸೂಕ್ತ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಗಳು ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲೂ ಅಥವಾ ಗ್ರಹಣವಾಗಲೂ ಅವಕಾಶ ಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿರುತ್ತೆ.

ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬೇಕೆಂದಿದ್ದರೆ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಯಾದ ಶಾಖವನ್ನು ಶೀತಕ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಒಂದು ಸೂಕ್ತವಾದ ದ್ರವಕ್ಕೆ ರವಾನಿಸಿ ಅದರಿಂದ ನೀರಿನ ಆವಿಯನ್ನೋ ಅಥವಾ ತಾಪಅನಿಲವನ್ನೋ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬೇಕು. ಈ ಆವಿ ಅಥವಾ ಅನಿಲದಿಂವ ಟರ್ಬೈನ್ ಸಹಾಯದಿಂದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

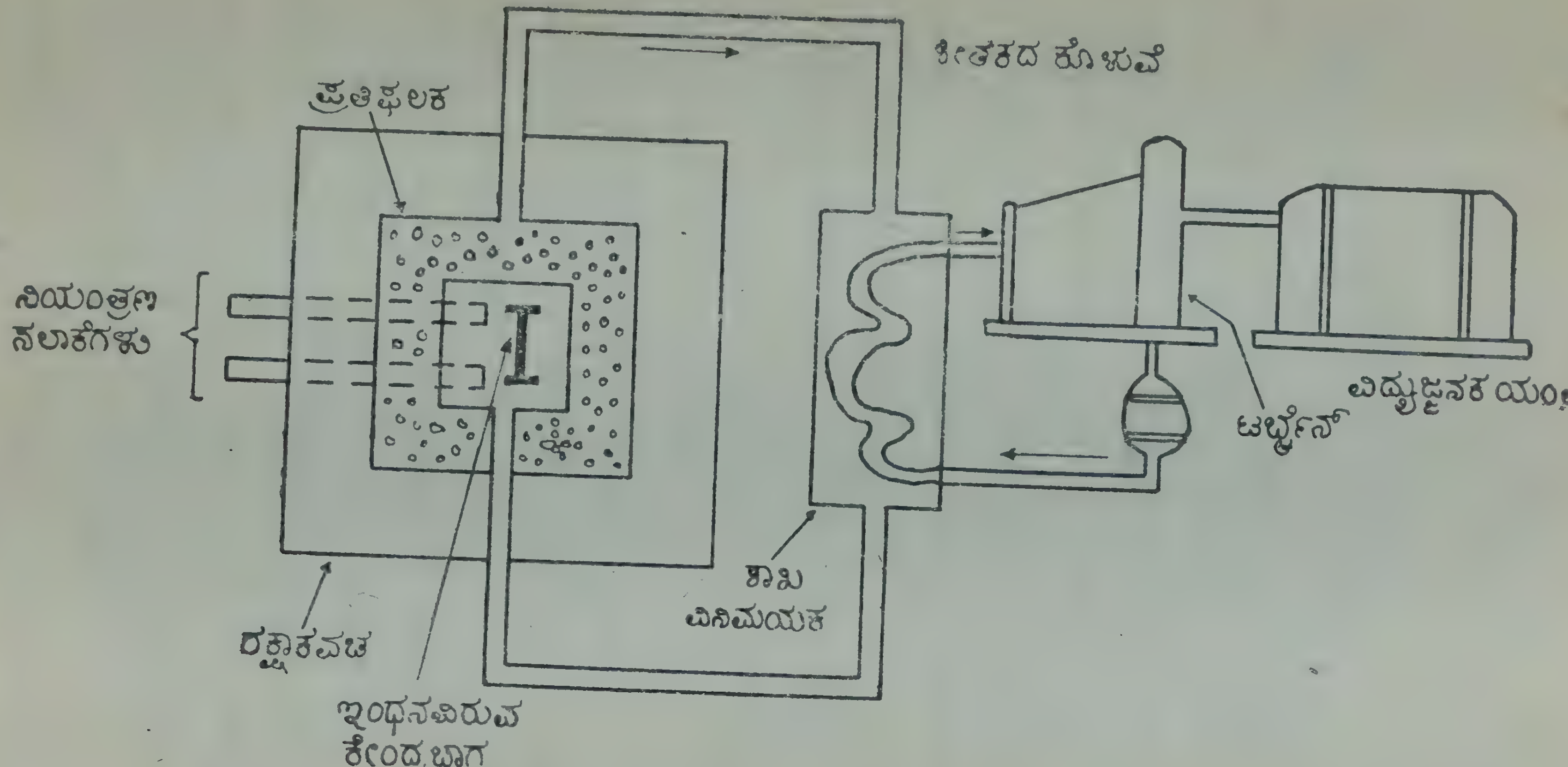
235U, 238U ಮತ್ತು 239Pu ಧಾತುಗಳೇ ಸೂಕ್ತವಾದ ಇಂಧನ ವಸ್ತುಗಳು. ಇವುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಕಣಗಳ ವೇಗಗಳು ಎಲ್ಲ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಘನ ರೂಪದ ಇಂಧನವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಸಲಾಕೆಗಳ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮೊದಲ ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗಿತ್ತು. ಇತ್ತೀಚಿನ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಫಲಕಗಳ ರೂ ಪ ದ ಲ್ಲಿ

ಒಂದು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪೇರಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಗ್ರಾಫೈಟ್ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಇಂಗಾಲವನ್ನು ಮಂದಕಾರಕ ವಸ್ತುವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಭಾರ ಜಲ (Heavy water, D_2O) ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ತ ವಸ್ತುವಾದರೂ ಅದರ ತಯಾರಿಕಾ ವೆಚ್ಚ ಬಹಳ ದುಬಾರಿಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದು ಹೆಚ್ಚು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿಲ್ಲ. ಬೆರಿಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಅದರ ಆಕ್ಸೈಡನ್ನು ಕೂಡ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಮಂದಕಾರಕ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಫಲಕ ಗಳನ್ನಾಗಿ ಬಳಸಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಅಥವಾ ಭಾರಜಲ, ದ್ರವರೂಪದ ಲೋಹಗಳು, ಸಾವಯುವ ದ್ರವಗಳು (Organic liquids) ಅಥವಾ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಶೀತಕ (Coolant) ಗಳಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಕದ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಮಾದರಿಯ ವಿವರ ಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರ 5 ರಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು.

ಕ್ಯೂರಿಯಂ (Cm^{242} ಮತ್ತು Cm^{244}) ಬೀಜಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಶಕ್ತಿ ಅಡಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಮಾಣುಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿ ವಿಸರಣವನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವುವು. ಇವು ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳನ್ನು ಹೊರಹೊಮ್ಮಿಸುತ್ತವೆ. ಆಲ್ಫ ಕಣಗಳನ್ನು ತಡೆಹಿಡಿಯುವುದ ರಿಂದ ಭಾರಿ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿ ಒದಗುವುದು. ಇದರಿಂದಲೂ ಸತತವಾಗಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯ. 1961 ರಲ್ಲಿ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳಲ್ಲಿ ಇದರ ನೆರವು ಬಹಳ ಪ್ರಯೋಜನ ವಾಯಿತು.

ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಂ (Cf^{252}, Cf^{253}, Cf^{254}) ಧಾತು ವಿನಿಂದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಕಣಗಳನ್ನು ಸುಲಭದಲ್ಲಿ ಪಡೆಯುವುದು



ಚಿತ್ರ 5. ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವ ಬೀಜಕ್ರಿಯಾಕಾರಿ

ಸಾಧ್ಯ. ಇವು ಕಲ್ಲೆಣ್ಣೆ (Petroleum) ನಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಬರೆಯಲು ಬಹಳ ನೆರವು ನೀಡುತ್ತವೆ.

ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಯುರೇನಿಯಂ ಆಚೆಯುಉ ಧಾತುಗಳ ಗುಣ ಲಕ್ಷಣಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಾಹಿತಿ ದೊರೆತು, ಅವುಗಳ ಉಪಯೋಗಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಈ ಹೊಸ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲು ಆದ ಖರ್ಚು, ಶ್ರಮ ಸಾಹಸಗಳಿಗೆ ತಕ್ಕ ಪ್ರತಿಫಲ ಲಭಿಸಿದಂತಾಗುವುದು.

15. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ?

ಇಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಯುರೇನಿಯಂ ಅತೀತ ಧಾತುಗಳ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಅಧ್ಯಯನದಿಂದಾಗಿ ಹೊಸ ಹೊಸ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಕ್ಷಯಿಸುವಿಕೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಗುಣ ಲಕ್ಷಣಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಭವಿಷ್ಯ ನುಡಿಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ದುರದೃಷ್ಟವಶಾತ್ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಧಾತುಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಭರವಸೆ ತಾಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರಮುಖ ಕಾರಣ, ಪರಮಾಣು ಅಂಕ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಅಂಥ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಅರ್ಧಾಯಸ್ಸು ಸಮ ಸಮವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

ರಾಸಾಯನಿಕ ಪರೀಕ್ಷಣೆಗೆ ಸಿಗುವಂಥ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅಂಕದ ಯುರೇನಿಯಂ ಆಚೆಯ ಧಾತುಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ಭವಿಷ್ಯ ನುಡಿಯುವುದು ಕಷ್ಟವೇ ಆಗಿದೆ. ಆದರೆ ಬೆಸ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನು ಅಥವಾ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರುವ ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವ ಧಾತು ರೂಪಗಳು ದೀರ್ಘ ಜೀವಿತ ಕಾಲವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಾರಣ, ಅತ್ಯಂತ ಭಾರವಾದ ಯುರೇನಿಯಂ ಆಚೆಯ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಸ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನೋ ಇಲ್ಲವೇ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನೋ ಪಡೆದಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇರುವ ಹೊಸ ಹೊಸ ಧಾತುಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಯಶ ಸಿಗಬಹುದು.

ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಬಹುದಾದ ಹೊಸ ಹೊಸ ಧಾತುಗಳ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನು ಕೇವಲ ಭೌತಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರ ಪರೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ದೀರ್ಘ ಜೀವಿತ ಕಾಲವುಳ್ಳ ಸಮಸ್ಥಾನಿ ಸಿಕ್ಕಾಗ ಮಾತ್ರ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪರೀಕ್ಷೆಗೊಳಪಡಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರಚಾರೋಪನ್ಯಾಸ ಮಾಲೆ

1.	ನಗೆಯು ನೆಲೆ	ಎಸ್. ಕೆ. ರಾಮಚಂದ್ರರಾವ್
2.	ನಕ್ಷತ್ರ ಲೋಕ	ಜಿ. ಟಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್
3.	ಭಯ-ಸರಳವಿಶ್ಲೇಷಣೆ	ಎಂ. ಶಿವರಾಂ
4.	ಶ್ರೀ ಕವಿ ಲಕ್ಷ್ಮೀಶ	ಜಿ. ಎಸ್. ಸಿದ್ದಲಿಂಗಯ್ಯ
5.	ಶಾಂತಿನಾಥಕವಿ	ಕಮಲಾ ಹಂಪನಾ
6.	ಉತ್ತಂಗಿ ಚನ್ನಪ್ಪ	ಸ. ಸ. ಮಾಳವಾಡ
7.	ಬಯಲಾಟಗಳು	ಚಂದ್ರಶೇಖರ ಕಂಬಾರ
8.	ನಾಟಕದಲ್ಲಿ ನವ್ಯತೆ	ಪಿ. ಲಂಕೇಶ್
9.	ದ್ರಾವಿಡ ಸಂಖ್ಯಾವಾಚಕಗಳು	ಹಂಪ. ನಾಗರಾಜಯ್ಯ
10.	ಉಪಭಾಷೆ	ಕೃಷ್ಣ ಪರಮೇಶ್ವರ ಭಟ್ಟ
11.	ಅರವಿಂದರ ವಿಚಾರಧಾರೆ	ಸಿ. ಕೆ. ವೆಂಕಟರಾಮಯ್ಯ
12.	ಪೂರ್ಣಯೋಗಿ ಶ್ರೀ ಅರವಿಂದರು	ಕೋ. ಚನ್ನಬಸಪ್ಪ
13.	ಪ್ರಾಚೀನ ಸಂಸ್ಕೃತಿ	ಎಸ್. ಕೆ. ರಾಮಚಂದ್ರರಾವ್
14.	ಪ್ರಾಚೀನ ಭಾರತದ ಆರ್ಥಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ	ಎನ್. ಜಿ. ಚಂದ್ರಶೇಖರಯ್ಯ
15.	ಸಣ್ಣ ಕೈಗಾರಿಕೆಗಳು	ಆರ್. ಎಸ್. ಆರಾಧ್ಯ
16.	ವಿವಾಹ ಪದ್ಧತಿಗಳು	ಎಸ್. ಕೆ. ರಾಮಚಂದ್ರರಾವ್
17.	ಪಾನೀಯಗಳು	ಕೆ. ಎಸ್. ಲಕ್ಷ್ಮಣರಾವ್
18.	ಚಂದ್ರಲೋಕ ಯಾತ್ರೆ	ಪಿ. ಎಸ್. ವೆಂಕಟಸ್ವಾಮಿಶೆಟ್ಟಿ
19.	ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪ	ಬಿ. ವಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್
20.	ದೂರದರ್ಶನ	ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್
21.	ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕಗಳು ಮತ್ತು ದೂರದರ್ಶಕಗಳು	ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್
22.	ಕುರುಡು	ಎಸ್. ಟಿ. ಪುಟ್ಟಣ್ಣ
23.	ಕಣ್ಣಿನ ರೋಗಗಳು	ಎಸ್. ಟಿ. ಪುಟ್ಟಣ್ಣ
24.	ಕ್ಷಯ	ಎಂ. ಬಸವರಾಜೆ ಅರಸು
25.	ಮೂತ್ರಪಿಂಡದ ಕೆಲವು ರೋಗಗಳು	ಎಂ. ಬಸವರಾಜೆ ಅರಸು
26.	ಉಕ್ಕು : ತಯಾರಿಕೆ ಮತ್ತು ರಚನೆ	ಕೆ. ಆರ್. ಮೋಹನ್
27.	ನೀರಾವರಿ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು	ಕೆ. ಎನ್. ಶಿವಶಂಕರರಾವ್
28.	ಅಂತರ್ಜಲ	ಸಿ. ನಾಗಣ್ಣ
29.	ಪಂಪ	ತ. ಸು. ಶಾಮರಾಯ
30.	ದೇಹರಚನೆ ಹಾಗೂ ಮೂಳೆಗಳು	ಎಸ್. ಬಿ. ವಸಂತ ಕುಮಾರ್
31.	ಶ್ರೀನಿವಾಸ ರಾಮಾನುಜನ್	ಜಿ. ಟಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್
32.	ಮಹಾಕವಿ ಕುಮಾರನಾಶಾನ್	ಬಿ.ಕೆ. ತಿಮ್ಮಪ್ಪ, ಬಿ.ವೆಂಕಟಲಕ್ಷ್ಮಿ
33.	ತುಳ್ಳಲ್‌ಕವಿ ಕುಂಜನ್ ನಂಬಿಯಾರ್	ಬಿ.ಕೆ. ತಿಮ್ಮಪ್ಪ, ಬಿ.ವೆಂಕಟಲಕ್ಷ್ಮಿ